VISIT…

А. А. ПЕРСИОН
Ю. И. СЕДЫХ
Ю. Н. МАРКМАН

СПРАВОЧНИК

ПО МОНТАЖУ СПЕЦИАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Издание 2-е,
переработанное и дополненное

КИЕВ «БУДІВЕЛЬНИК» 1981

ББК 38.638я2
6С6.5(083)
П27

УДК 69.057

Справочник по монтажу специальных сооружений / Персион А. А., Седых Ю. И., Маркман Ю. Н.— 2-е изд., перераб. и доп.— Киев: Будівельник, 1981.— 272 с.

В справочнике приведены сведения по технологии монтажа и сварки, контролю качества сварных швов стальных резервуаров и газгольдеров, башенно-мачтовых сооружений, промышленных и гражданских большепролетных и высотных зданий. Систематизированы данные по специальным монтажным кранам, кранам общего назначения, вертолетам, тягачам, такелажному оборудованию, механизированному ручному и слесарно-сборочному инструменту, основным и вспомогательным материалам и др.

Издание дополнено главами «Монтаж шаровых резервуаров», «Монтаж легких металлических конструкций», технико-экономическим обоснованием вариантов монтажа сооружений и другими справочными данными.

В настоящем справочнике единицы величин даны в международной системе (СИ). Для удобства пользования справочником на стр. 265 и 266 приведены соотношения между единицами старых систем и международной (СИ).

Нормативные материалы приведены по состоянию на 1 января 1981 г.

Справочник рассчитан на инженерно-технических работников строительно-монтажных и проектных организаций.

Табл. 148. Ил. 118. Библиогр.: с. 267—268.

Рецензент А. В. Загребельный

Редакция литературы по специальным и монтажным работам в строительстве

Заведующая редакцией З. Н. Коиеева

П $\frac{30213-017}{М203(04)-81}$ 83.81.3204000000

© Издательство «Будівельник», 1976.
© Издательство «Будівельник», 1981, с изменениями и дополнениями

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

СТАЛЬ, ПРИМЕНЯЕМАЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Для стальных конструкций применяют углеродистую сталь обыкновенного качества (ГОСТ 380—71 *), углеродистую качественную конструкционную сталь (ГОСТ 1050—74 **), низколегированную сталь (ГОСТ 19281—73 и ГОСТ 19282—73), низколегированную листовую сталь для сосудов, работающих под давлением [ГОСТ 5520—79 (СТ СЭВ 103—74)].

СТАЛЬ УГЛЕРОДИСТАЯ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

Сталь углеродистую обыкновенного качества (ГОСТ 380—71 *) изготавливают кипящей (кп), полуспокойной (пс) и спокойной (сп).

В зависимости от назначения сталь подразделяется на три группы, поставляемые: А — по механическим свойствам, Б — по химическому составу, В — по механическим свойствам и химическому составу.

УГЛЕРОДИСТАЯ КАЧЕСТВЕННАЯ СТАЛЬ

Углеродистую качественную конструкционную сталь изготавливают по ГОСТ 1050—74 ** без термической обработки, термически обработанную (Т) и нагартованную (Н). Марки и химический состав стали должны соответствовать указанным в табл. 4, механические свойства на растяжение и ударную вязкость стали — требованиям, приведенным в табл. 5.

НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ

Сортовую низколегированную сталь (круглую, квадратную и полосовую) и фасонные профили изготавливают по ГОСТ 19281—73, толстолистовую, широкополосную универсальную и рулонную сталь — по ГОСТ 19282—73. Эти стали применяются в строительстве для сварных металлических конструкций, в основном, без дополнительной термической обработки.

Химический состав низколегированной стали по ГОСТ 19281—73 и ГОСТ 19282—73 должен соответствовать нормам, указанным в табл. 6, а механические свойства — требованиям, приведенным в табл. 7.

Таблица 1. **Механические свойства стали группы А (ГОСТ 380—71 *)**

Марка стали	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа, для толщин, мм				Относительное удлинение δ, %, для толщин, мм			Изгиб на 380° (a—толщина образца, d—диаметр оправки) для толщин до 20 мм
		до 20	20—40	40—100	100 и более	до 20	20—40	40 и более	
Ст0	Не менее 303,8	—	—	—	—	23	22	20	$d=2a$
Ст1кп	303,8—392	—	—	—	—	35	34	32	$d=0$ (без оправки)
Ст1пс, Ст1сп	313,6—411,6	—	—	—	—	34	33	31	
Ст2кп	323,4—411,6	215,6	205,8	196,0	186,2	33	32	30	
Ст2пс, Ст2сп	333,2—431,2	225,4	215,6	205,8	196,0	32	31	29	
Ст3кп	362,6—460,6	235,2	23	215,6	196,0	27	26	24	$d=0,5a$
Ст3пс, Ст3сп	372,4—480,2	245	235,2	23	205,8	26	25	23	
Ст3Гпс	372,4—490,0	245	235,2	23	205,8	26	25	23	
Ст4кп	401,8—509,6	254,8	245,0	235,2	225,4	25	24	22	$d=2a$
Ст4пс, Ст4сп	411,6—529,2	264,6	254,8	245,0	235,2	24	23	21	
Ст5пс, Ст5сп	490—627,2	284,2	274,4	264,6	254,8	20	19	17	$d=3a$
Ст5Гпс	450,8—588	284,2	274,4	264,6	254,8	20	19	17	
Ст6пс, Ст6сп	Не менее 588	313,6	303,8	294	294	15	14	12	—

Примечание. При изгибе на 180° для толщин более 20 мм диаметр оправки увеличивается на толщину образца.

Таблица 2. **Химический состав сталей группы Б, % (ГОСТ 380—71 *)**

Марка стали	Углерод	Марганец	Кремний
БСт1кп	0,06—0,12	0,25—0,50	≤0,05
БСт1пс	0,06—0,12	0,25—0,50	0,05—0,17
БСт1сп	0,06—0,12	0,25—0,50	0,12—0,30
БСт2кп	0,09—0,15	0,25—0,50	≤0,07
БСт2пс	0,09—0,15	0,25—0,50	0,05—0,17
БСт2сп	0,09—0,15	0,25—0,50	0,12—0,30
БСт3кп	0,14—0,22	0,30—0,60	≤0,07
БСт3пс	0,14—0,22	0,40—0,65	0,05—0,17
БСт3сп	0,14—0,22	0,40—0,65	0,12—0,30
БСт3Гпс	0,14—0,22	0,80—1,10	≤0,15
БСт4кп	0,18—0,27	0,40—0,70	≤0,15
БСт4пс	0,18—0,27	0,40—0,70	0,05—0,17
БСт4сп	0,18—0,27	0,40—0,70	0,12—0,30
БСт5пс	0,28—0,37	0,50—0,80	0,05—0,17
БСт5сп	0,28—0,37	0,50—0,80	0,15—0,35
БСт5Гпс	0,22—0,30	0,80—1,20	≤0,15
БСт6пс	0,38—0,49	0,50—0,80	0,05—0,17
БСт6сп	0,38—0,49	0,50—0,80	0,15—0,35

Примечание. Остальные элементы входят в состав стали всех марок в равных долях, %: фосфор ≤ 0,4, сера ≤ 0,5, хром, никель, медь ≤ 0,30, мышьяк ≤ 0,08.

Таблица 3. **Ударная вязкость стали группы В (ГОСТ 380—71 *)**

Марка стали	Вид проката	Расположение образца относительно проката	Толщина, мм	Ударная вязкость, кДж/м², не менее		
				при температуре, °С		после механического старения
				+20	−20	
ВСт3пс, ВСт3сп	Листовая сталь	Поперек	5—9	784	392	392
			10—25	686	294	294
			26—40	490	—	—
	Широкополосная сталь	Вдоль	5—9	980	490	490
			10—25	784	294	294
			26—40	686	—	—
	Сортовой и фасонный прокат	„	5—9	1078	490	490
			10—25	980	294	294
			26—40	882	—	—
ВСт3Гпс	Листовая сталь	Поперек	5—9	784	392	392
			10—30	686	294	294
			31—40	490	—	—
	Широкополосная сталь	Вдоль	5—9	980	490	490
			10—30	784	294	294
			31—40	686	—	—

Марка стали	Вид проката	Расположение образца относительно проката	Толщина, мм	Ударная вязкость, кДж/м², не менее		
				при температуре, °С		после механического старения
				+20	−20	
ВСт3Гпс	Сортовой и фасонный прокат	Вдоль	5—9	1078	490	490
			10—30	980	294	294
			31—40	882	—	—
ВСт4пс, ВСт4сп	Листовая сталь	Поперек	5—9	686	—	—
			10—25	588	—	—
			26—40	392	—	—
	Сортовой и фасонный прокат	Вдоль	5—9	980	—	—
			10—25	882	—	—
			26—40	686	—	—

Таблица 4. **Марки и химический состав углеродистой качественной конструкционной стали, % (ГОСТ 1050—74 **)**

Марка стали	Углерод	Кремний	Марганец	Хром, не более
05кп	⩽0,06	⩽0,03	⩽0,40	0,10
08кп	0,05—0,11	⩽0,03	0,25—0,50	0,10
08пс	0,05—0,11	0,05—0,17	0,35—0,65	0,10
08	0,05—0,12	0,17—0,37	0,35—0,65	0,10
10кп	0,07—0,14	⩽0,07	0,25—0,50	0,15
10пс	0,07—0,14	0,05—0,17	0,35—0,65	0,15
10	0,07—0,14	0,17—0,37	0,35—0,65	0,15
11кп	0,05—0,12	⩽0,06	0,30—0,50	0,15
15кп	0,12—0,19	⩽0,07	0,25—0,50	0,25
15пс	0,12—0,19	0,05—0,17	0,35—0,65	0,25
15	0,12—0,19	0,17—0,37	0,35—0,65	0,25
18кп	0,12—0,20	⩽0,06	0,30—0,50	0,15
20кп	0,17—0,24	⩽0,07	0,25—0,50	0,25
20пс	0,17—0,24	0,05—0,17	0,35—0,65	0,25
20	0,17—0,24	0,17—0,37	0,35—0,65	0,25
25	0,22—0,30	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
30	0,27—0,35	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
35	0,32—0,40	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
40	0,37—0,45	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
45	0,42—0,50	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
50	0,47—0,55	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
55	0,52—0,60	0,27—0,37	0,50—0,80	0,25
58	0,55—0,63	0,10—0,30	⩽0,20	0,15
60	0,57—0,65	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
65	0,62—0,70	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
70	0,67—0,75	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
75	0,72—0,80	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25

Марка стали	Углерод	Кремний	Марганец	Хром, не более
80	0,77—0,85	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
85	0,82—0,90	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
60Г	0,57—0,65	0,17—0,37	0,70—1,00	0,25
65Г	0,62—0,70	0,17—0,37	0,90—1,20	0,25
70Г	0,67—0,75	0,17—0,37	0,90—1,20	0,25

Примечание. В обозначениях марки стали цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буква Г — содержание марганца (около 1%).

Таблица 5. **Механические свойства углеродистой качественной конструкционной стали (ГОСТ 1050—74 **)**

Марка стали	Термическая обработка заготовок	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость $a_к$, кДж/м²
		не менее				
08	Нормализация	196	323,4	33	60	—
10	То же	205,8	333,2	31	55	—
15	„	225,4	372,4	27	55	—
20	„	245,0	411,6	25	55	—
25	„	274,4	450,8	23	50	882
30	„	294,0	490	21	50	784
35	„	313,6	529,2	20	45	686
40	„	333,2	568,4	19	45	588
45	„	352,8	597,8	16	40	490
50	„	372,4	627,2	14	40	392
55	„	382,2	646,8	13	35	—
58	Нормализация	313,6	597,8	12	28	—
60	То же	401,8	676,2	12	35	—
65	„	411,6	695,8	10	30	—
70	„	421,4	715,4	9	30	—
75	Закалка и отпуск	882,0	1078	7	30	—
80	То же	931,0	1078	6	30	—
85	„	980	1127	6	30	—
60Г	Нормализация	411,6	695,8	11	35	—
65Г	То же	431,2	735	9	—	—
70Г	„	450,8	784	8	—	—

Таблица 6. **Химический состав низколегированных сталей, %**

Марка стали	Углерод	Кремний	Марганец	Хром
09Г2	≤0,12	0,17—0,37	1,4—1,8	≤0,30
09Г2Д	≤0,12	0,17—0,37	1,4—1,8	≤0,30
14Г2	0,12—0,18	0,17—0,37	1,2—1,6	≤0,30
12ГС*	0,09—0,15	0,5—0,8	0,8—1,2	≤0,30
16ГС*	0,12—0,18	0,4—0,7	0,9—1,2	≤0,30
17ГС*	0,14—0,20	0,4—0,6	1,0—1,4	≤0,30
17Г1С*	0,15—0,20	0,4—0,6	1,15—1,6	≤0,30
09Г2С	≤0,12	0,5—0,8	1,3—1,7	≤0,30
09Г2СД	≤0,12	0,5—0,8	1,3—1,7	≤0,30
10Г2С1	≤0,12	0,8—1,1	1,3—1,65	≤0,30
10Г2С1Д	≤0,12	0,8—1,1	1,3—1,65	≤0,30
15ГФ	0,12—0,18	0,17—0,37	0,9—1,2	≤0,30
15ГФД	0,12—0,18	0,17—0,37	0,9—1,2	≤0,30
15Г2СФ	0,12—0,18	0,4—0,7	1,3—1,7	≤0,30
15Г2СФД	0,12—0,18	0,4—0,7	1,3—1,7	≤0,30
14Г2АФ*	0,12—0,18	0,3—0,6	1,2—1,6	≤0,40
14Г2АФД*	0,12—0,18	0,3—0,6	1,2—1,6	≤0,40
16Г2АФ*	0,14—0,20	0,3—0,6	1,3—1,7	≤0,40
16Г2АФД	0,14—0,20	0,3—0,6	1,3—1,7	≤0,40
18Г2АФпс*	0,14—0,22	До 0,17	1,3—1,7	≤0,30
18Г2АФДпс*	0,14—0,22	До 0,17	1,3—1,7	≤0,30
10Г2Б	≤0,12	0,17—0,37	1,2—1,6	≤0,30
10Г2БД	≤0,12	0,17—0,37	1,2—1,6	≤0,30
14ХГС	0,11—0,16	0,4—0,7	0,9—1,3	0,5—0,8
10ХСНД	≤0,12	0,8—1,1	0,5—0,8	0,6—0,9
15ХСНД	0,12—0,18	0,4—0,7	0,4—0,7	0,6—0,9
15Г2АФДпс*	0,12—0,18	До 0,17	1,2—1,6	≤0,30
10ХНДП	≤0,12	0,17—0,37	0,3—0,6	0,5—0,8

Примечания: 1. В обозначении марок стали цифры и буквы означают: двух справа от цифр: Г — марганец, С — кремний, Х — хром, Н — никель, Д — медь, Ф — вана ветствующего элемента в целых единицах, буквы «пс» в конце марки — полуспокойную
2. Марки сталей, отмеченные *, изготавливают только по ГОСТ 19282—73.

(ГОСТ 19281—73, ГОСТ 19282—73)

Никель	Медь	Ванадий	Другие элементы
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	0,15—0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	0,15—0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	—	—
⩽0,30	0,15—0,30	—	—
⩽0,30	⩽0,30	0,05—0,12	—
⩽0,30	0,15—0,30	0,05—0,12	—
⩽0,30	⩽0,30	0,05—0,10	—
⩽0,30	0,15—0,30	0,05—0,10	—
⩽0,30	⩽0,30	0,07—0,12	Азот 0,015—0,025
⩽0,30	0,15—0,30	0,07—0,12	„ 0,015—0,025
⩽0,30	⩽0,30	0,08—0,14	„ 0,015—0,025
⩽0,30	0,15—0,30	0,08—0,14	„ 0,015—0,025
⩽0,30	⩽0,30	0,08—0,15	„ 0,015—0,030
⩽0,30	0,15—0,30	0,08—0,15	„ 0,015—0,030
⩽0,30	⩽0,30	—	Ниобий 0,02—0,05
⩽0,30	0,15—0,30	—	„ 0,02—0,05
⩽0,30	⩽0,30	—	—
0,5—0,8	0,4—0,6	—	—
0,3—0,6	0,2—0,4	—	—
⩽0,30	0,2—0,4	0,08—0,15	Азот 0,015—0,30
0,3—0,6	0,3—0,5	—	Фосфор 0,07—0,12
			Алюминий 0,08—0,15

значные цифры—примерное среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы
дий, Б — ниобий, А — азот, П — фосфор, цифры после букв — примерное содержание соот-
сталь.

Таблица 7. **Механические свойства низколегированных сталей (ГОСТ 19281—73 и ГОСТ 19282—73)**

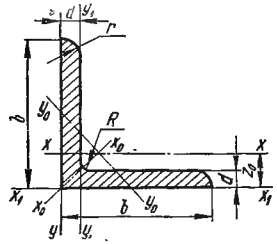
Марка стали	Толщина проката, мм	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Ударная вязкость $a_к$, кДж/м^2, при температуре, °С		
					+20	—40	—70
		не менее					
09Г2, 09Г2Д	4	441	303,8	21	—	—	—
	5—9	441	303,8	21	—	343	—
	10—20	441	303,8	21	—	294	—
	21—32	441	294,0	21	—	392	—
14Г2	4	460,6	333,2	21	—	—	—
	5—9	460,6	333,2	21	—	343	—
	10—20	450,8	323,4	21	—	294	—
	21—32	450,8	323,4	21	—	294	—
12ГС	4	460,6	313,6	26	—	—	—
	5—9	460,6	313,6	26	—	—	—
	10	460,6	313,6	26	—	—	—
16ГС	4	490	323,4	21	—	—	—
	5—9	490	323,4	21	588,0	39,2	294
	10—20	480,2	313,6	21	588,0	294	245
	21—32	470,4	294,0	21	588,0	294	245
	33—60	460,6	284,2	21	588,0	294	245
	Свыше 60 До 160	450,8	274,4	21	588,0	294	245
17ГС	4	509,6	343	23	—	—	—
	5—9	509,6	343	23	—	441	—
	10—20	490	333,2	23	—	343	—
17Г1С	4	509,6	352,8	23	—	—	—
	5—9	509,6	352,8	23	—	441	—
	10—20	509,6	343	23	—	392	—
09Г2С, 09Г2СД	4	490	343	21	—	—	—
	5—9	490	343	21	637	392	343
	10—20	470	323,4	21	588	343	294
	21—32	460	303,8	21	588	343	294
	33—60	450	284,2	21	588	343	294
	61—80	441	274,4	21	588	343	294
	Свыше 80 До 160	431,2	264,6	21	588	343	294

Таблица 8. **Сталь круглая (ГОСТ 2590—71 *)**

Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см^2	Масса 1 м, кг	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см^2	Масса 1 м, кг
5	0,196	0,154	34	9,079	7,13
5,6	0,246	0,193	36	10,18	7,99
6	0,283	0,222	38	11,34	8,9
6,3	0,312	0,245	40	12,57	9,87
6,5	0,332	0,260	42	13,85	10,9
7	0,385	0,302	45	15,90	12,5
8	0,503	0,395	48	18,10	14,2
9	0,636	0,449	50	19,64	15,4
10	0,785	0,617	53	22,06	17,3
11	0,950	0,746	56	24,63	19,3
12	1,131	0,888	60	28,27	22,2
13	1,327	1,04	63	31,17	24,5
14	1,539	1,21	65	33,18	26,0
15	1,767	1,39	70	38,48	30,2
16	2,011	1,58	75	44,18	34,7
17	2,270	1,78	80	50,27	39,5
18	2,545	2,00	85	56,75	44,5
19	2,835	2,23	90	63,62	49,9
20	3,142	2,47	95	70,88	55,6
21	3,464	2,72	100	78,54	61,6
22	3,301	2,98	105	86,59	68,0
24	4,524	3,55	110	95,03	74,6
25	4,900	3,85	120	113,1	88,8
26	5,309	4,17	125	122,7	96,3
28	6,158	4,83	130	132,7	104,2
30	7,069	5,55	140	153,9	120,8
32	8,042	6,31	150	176,7	138,7

Примечания: 1. Сортамент круглой стали дается в сокращенном виде.
2. Сталь диаметром до 8 мм включительно поставляется в мотках, свыше 8 мм — в прутках.

Таблица 9. **Сталь угловая равнополочная**



Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см²	Справочные		
						$x-x$		
	b	d	R	r		I_x, $10^{-8}\cdot м^4$	W_x, $10^{-6}\cdot м^3$	i_x, см
2	20	3 4	3,5 3,5	1,2 1,2	1,13 1,46	0,40 0,50	0,28 0,37	0,59 0,58
2,5	25	3 4	3,5 3,5	1,2 1,2	1,43 1,86	0,81 1,03	0,46 0,59	0,75 0,74
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,58	0,85
3,2	32	3 4	4,5 4,5	1,5 1,5	1,86 2,43	1,77 2,26	0,77 1,0	0,97 0,96
3,6	36	3 4	4,5 4,5	1,5 1,5	2,10 2,75	2,56 3,29	0,98 1,28	1,10 1,09
4	40	3 4 5	5,0 5,0 5,0	1,7 1,7 1,7	2,35 3,08 3,79	3,55 4,58 5,53	1,22 1,60 1,95	1,23 1,22 1,21
4,5	45	3 4 5	5,0 5,0 5,0	1,7 1,7 1,7	2,65 3,48 4,29	5,13 6,63 8,03	1,56 2,04 2,51	1,39 1,38 1,37
5	50	3 4 5	5,5 5,5 5,5	1,8 1,8 1,8	2,96 3,89 4,80	7,11 9,21 11,20	1,94 2,54 3,13	1,55 1,54 1,53
5,6	56	4 5	6,0 6,0	2,0 2,0	4,38 5,41	13,10 15,97	3,21 3,96	1,73 1,72

величины для осей								Линейная плотность, кг/м
$x_0 - x_0$			$y_0 - y_0$			$x_1 - x_1$	z_0, см	
I_{x_0} макс, $10^{-8} \cdot м^4$	W_{x_0}, $10^{-6} \cdot м^3$	i_{x_0} макс, см	I_{y_0} мин, $10^{-8} \cdot м^4$	W_{y_0}, $10^{-6} \cdot м^3$	i_{y_0} мин, см	I_{x1}, $10^{-8} \cdot м^4$		
0,63 0,78	0,45 0,57	0,75 0,73	0,17 0,22	0,12 0,16	0,39 0,38	0,81 1,09	0,60 0,64	0,89 1,15
1,29 1,62	0,73 0,93	0,95 0,93	0,34 0,44	0,19 0,25	0,49 0,48	1,58 2,11	0,73 0,76	1,12 1,46
1,84	0,92	1,07	0,48	0,24	0,55	2,19	0,80	1,27
2,80 3,58	1,22 1,58	1,23 1,21	0,74 0,94	0,32 0,42	0,63 0,62	3,26 4,39	0,89 0,94	1,46 1,91
4,06 5,21	1,56 2,03	1,39 1,38	1,06 1,36	0,41 0,53	0,71 0,70	4,64 6,24	0,99 1,04	1,65 2,16
5,63 7,26 8,75	1,93 2,53 3,09	1,55 1,53 1,52	1,47 1,90 2,30	0,51 0,66 0,81	0,79 0,78 0,78	6,35 8,53 10,73	1,09 1,13 1,17	1,85 2,42 2,98
8,13 10,52 12,74	2,48 3,24 3,98	1,75 1,74 1,72	2,12 2,74 3,33	0,65 0,84 1,04	0,89 0,89 0,88	9,04 12,13 15,25	1,21 1,26 1,30	2,08 2,73 3,37
11,27 14,63 17,77	3,07 4,04 4,96	1,95 1,94 1,92	2,95 3,80 4,63	0,80 1,05 1,29	1,00 0,99 0,98	12,38 16,61 20,87	1,33 1,38 1,42	2,32 3,05 3,77
20,79 25,36	5,10 6,29	2,18 2,16	5,41 6,59	1,33 1,63	1,11 1,10	23,28 29,25	1,52 1,57	3,44 4,25

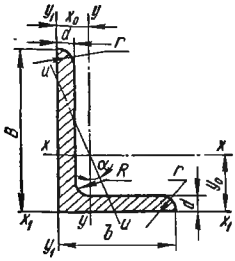
Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см²	Справочные		
						$x-x$		
	b	d	R	r		I_x, 10^{-8} м⁴	W_x, 10^{-6} м³	i_x, см
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,86	4,09	1,95
		5	7,0	2,3	6,13	23,10	5,05	1,94
		6	7,0	2,3	7,28	27,06	5,98	1,93
7	70	4,5	8,0	2,7	6,20	29,04	5,67	2,16
		5	8,0	2,7	6,86	31,94	6,27	2,16
		6	8,0	2,7	8,15	37,58	7,43	2,15
		7	8,0	2,7	9,42	42,98	8,57	2,14
		8	8,0	2,7	10,67	48,16	9,68	2,12
7,5	75	5	9,0	3,0	7,39	39,53	7,21	2,31
		6	9,0	3,0	8,78	46,57	8,57	2,30
		7	9,0	3,0	10,15	53,34	9,89	2,29
		8	9,0	3,0	11,50	59,84	11,18	2,28
		9	9,0	3,0	12,83	66,10	12,43	2,27
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	52,68	9,03	2,47
		6	9,0	3,0	9,38	56,97	9,80	2,47
		7	9,0	3,0	10,85	65,31	11,32	2,45
		8	9,0	3,0	12,30	73,36	12,80	2,44
9	90	6	10,0	3,3	10,61	82,10	12,49	2,78
		7	10,0	3,3	12,28	94,30	14,45	2,77
		8	10,0	3,3	13,93	106,11	16,36	2,76
		9	10,0	3,3	15,60	118,00	18,29	2,75
10	100	6,5	12,0	4,0	12,82	122,10	16,69	3,09
		7	12,0	4,0	13,75	130,59	17,90	3,08
		8	12,0	4,0	15,60	147,19	20,30	3,07
		10	12,0	4,0	19,24	178,95	24,97	3,05
		12	12,0	4,0	22,80	208,90	29,47	3,03
		14	12,0	4,0	26,28	237,15	33,83	3,00
		16	12,0	4,0	29,68	263,82	38,04	2,98
11	110	7	12,0	4,0	15,15	175,61	21,83	3,40
		8	12,0	4,0	17,20	198,17	24,77	3,39
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	32,20	3,87
		9	14,0	4,6	22,0	327,48	36,00	3,86
		10	14,0	4,6	24,33	359,82	39,74	3,85

величины для осей								Линейная плотность, кг/м
$x_0 - x_0$			$y_0 - y_0$			$x_1 - x_1$	z_0, см	
I_{x_0} макс, 10^{-8}·м^4	W_{x_0}, 10^{-6}·м^3	i_{x_0} макс, см	I_{y_0} мин, 10^{-8}·м^4	W_{y_0}, 10^{-6}·м^3	i_{y_0} мин, см	I_{x_1}, 10^{-8}·м^4		
29,90	6,49	2,45	7,81	1,70	1,25	33,06	1,69	3,90
36,60	8,02	2,44	9,52	2,09	1,25	41,50	1,74	4,81
42,94	9,49	2,43	11,18	2,47	1,24	50,04	1,78	5,72
46,03	8,99	2,72	12,04	2,35	1,39	50,95	1,88	4,87
50,67	9,94	2,72	13,22	2,59	1,39	56,75	1,90	5,38
59,64	11,80	2,71	15,52	3,07	1,38	68,39	1,94	6,39
68,19	13,60	2,69	17,77	3,54	1,37	80,10	1,99	7,39
76,35	15,35	2,68	19,97	4,01	1,37	91,90	2,02	8,37
62,65	11,43	2,91	16,41	2,99	1,49	69,62	2,02	5,80
73,87	13,59	2,90	19,28	3,55	1,48	83,92	2,06	6,89
84,61	15,68	2,89	22,07	4,09	1,47	98,29	2,10	7,96
94,89	17,72	2,87	24,80	4,63	1,47	112,7	2,15	9,02
104,72	19,70	2,86	27,48	5,17	1,46	127,3	2,18	10,07
83,56	14,32	3,11	21,80	3,74	1,59	93,16	2,17	6,78
90,40	15,55	3,11	23,54	4,05	1,58	101,8	2,19	7,36
103,66	17,96	3,09	26,97	4,67	1,58	119,2	2,23	8,51
116,39	20,31	3,08	30,32	5,29	1,57	136,7	2,27	9,65
130,22	19,82	3,50	33,97	5,17	1,79	144,7	2,43	8,33
149,67	22,93	3,49	38,94	5,97	1,78	169,4	2,47	9,64
168,42	25,97	3,48	43,80	6,75	1,77	194,2	2,51	10,93
186,00	28,84	3,46	48,60	7,53	1,77	219,0	2,55	12,20
193,46	26,44	3,89	50,73	6,93	1,99	214,4	2,68	10,06
207,01	28,38	3,88	54,16	7,43	1,98	231,3	2,71	10,79
233,46	32,20	3,87	60,92	8,40	1,98	265,2	2,75	12,25
283,83	39,61	3,84	74,08	10,34	1,96	333,4	2,83	15,10
330,95	46,70	3,81	86,84	12,25	1,95	402,3	2,91	17,90
374,98	53,49	3,78	99,32	14,17	1,94	472,0	2,99	20,63
416,04	59,98	3,74	111,61	16,09	1,94	542,4	3,06	23,30
278,54	34,63	4,29	72,68	9,03	2,19	307,9	2,96	11,89
314,51	39,31	4,28	81,83	10,23	2,18	352,9	3,00	13,50
466,76	51,06	4,87	121,96	13,34	2,49	516,4	3,36	15,46
520,0	57,11	4,86	135,38	14,88	2,48	582,0	3,40	17,30
571,04	63,07	4,84	148,59	16,41	2,47	648,6	3,45	19,10

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см²	Справочные		
						$x-x$		
	b	d	R	r		I_x, 10^{-8} м⁴	W_x, 10^{-6} м³	i_x, см
12,5	125	12	14,0	4,6	28,89	422,23	47,06	3,82
		14	14,0	4,6	33,37	481,76	54,17	3,80
		16	14,0	4,6	37,77	538,56	61,09	3,78
14	140	9	14,0	4,6	24,72	465,72	45,55	4,34
		10	14,0	4,6	27,33	512,29	50,32	4,33
		12	14,0	4,6	32,49	602,49	59,66	4,31
16	160	10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96
		11	16,0	5,3	34,42	844,21	72,44	4,95
		12	16,0	5,3	37,39	912,89	78,62	4,94
		14	16,0	5,3	43,57	1046,47	90,77	4,92
		16	16,0	5,3	49,07	1175,19	102,64	4,89
		18	16,0	5,3	54,79	1290,24	114,24	4,87
		20	16,0	5,3	60,4	1418,85	125,60	4,85
18	180	11	16,0	5,3	38,8	1216,44	92,47	5,60
		12	16,0	5,3	42,19	1316,62	100,41	5,59
20	200	12	18,0	6,0	47,10	1822,78	124,61	6,22
		13	18,0	6,0	50,85	1960,77	134,44	6,21
		14	18,0	6,0	54,6	2097,0	144,17	6,20
		16	18,0	6,0	61,98	2362,57	163,37	6,17
		20	18,0	6,0	76,54	2871,47	200,73	6,12
		25	18,0	6,0	94,29	3466,21	245,59	6,06
		30	18,0	6,0	111,54	4019,60	288,57	6,00
22	220	14	21,0	7,0	60,38	2814,36	175,18	6,83
		16	21,0	7,0	68,58	3175,44	198,71	6,80
25	250	16	24,0	8,0	78,40	4717,10	258,43	7,76
		18	24,0	8,0	87,72	5247,24	288,82	7,73
		20	24,0	8,0	96,96	5764,87	318,76	7,71
		22	24,0	8,0	106,12	6270,32	348,26	7,69
		25	24,0	8,0	119,71	7006,39	391,72	7,65
		28	24,0	8,0	133,12	7716,86	434,25	7,61
		30	24,0	8,0	141,96	8176,82	462,11	7,59

величины для осей								
$x_0 - x_0$			$y_0 - y_0$			$x_1 - x_1$		Линейная плотность, кг/м
I_{x_0} макс, $10^{-8} \cdot м^4$	W_{x_0}, $10^{-6} \cdot м^3$	i_{x_0} макс, см	I_{y_0} мин, $10^{-8} \cdot м^4$	W_{y_0}, $10^{-6} \cdot м^3$	i_{y_0} мин, см	I_{x_1}, $10^{-8} \cdot м^4$	z_0, см	
670,02	74,68	4,82	174,43	19,44	2,46	781,7	3,53	22,68
763,90	85,89	4,78	199,62	22,45	2,45	915,8	3,61	26,20
852,84	96,73	4,75	224,29	25,44	2,44	1051	3,68	29,65
739,42	72,32	5,47	192,03	18,78	2,79	818,2	3,78	19,41
813,62	79,92	5,46	210,96	20,72	2,78	910,9	3,82	21,45
956,98	94,77	5,43	248,01	24,56	2,76	1097	3,90	25,50
1229,10	105,08	6,25	319,38	27,30	3,19	1356	4,30	24,67
1340,66	115,04	6,24	347,77	29,84	3,18	1494	4,35	27,02
1450,00	124,88	6,23	375,78	32,36	3,17	1633	4,39	29,35
1662,13	144,16	6,20	430,81	37,37	3,16	1911	4,47	33,97
1865,73	162,95	6,17	484,64	42,33	3,14	2191	4,55	38,52
2061,03	181,23	6,13	537,46	47,26	3,13	2472	4,63	43,01
2248,26	199,02	6,10	589,43	52,18	3,12	2756	4,70	47,44
1933,10	146,95	7,06	499,78	37,99	3,59	2128	4,85	30,47
2092,78	159,60	7,04	540,45	41,22	3,58	2325	4,89	33,12
2896,16	197,99	7,84	749,40	51,23	3,99	3182	5,37	36,97
3116,18	213,66	7,83	805,35	55,22	3,98	3452	5,42	39,92
3333,0	229,16	7,81	861,0	59,18	3,97	3722	5,46	42,8
3755,39	259,69	7,78	969,74	67,06	3,96	4264	5,54	48,65
4560,42	318,83	7,72	1181,92	82,63	3,93	5355	5,70	60,08
5494,04	389,26	7,63	1438,38	101,91	3,91	6733	5,89	74,02
6351,05	455,94	7,55	1688,16	121,19	3,89	8130	6,07	87,56
4470,15	278,25	8,60	1158,56	72,12	4,38	4941	5,91	47,40
5045,37	315,73	8,58	1305,52	81,70	4,36	5661	6,02	53,83
7492,10	410,46	9,78	1942,09	106,40	4,98	8286	6,75	61,55
8336,69	458,87	9,75	2157,78	118,77	4,96	9342	6,83	68,86
9159,73	506,48	9,72	2370,01	131,05	4,94	10401	6,91	76,11
9961,60	553,28	9,69	2579,04	143,24	4,93	11463	7,00	83,31
11125,52	622,01	9,64	2887,26	161,42	4,91	13064	7,11	93,97
12243,84	688,99	9,59	3189,89	179,50	4,90	14674	7,23	104,50
12964,66	723,69	9,56	3388,98	191,53	4,89	15753	7,31	111,44

Таблица 10. **Сталь угловая неравнополочная**



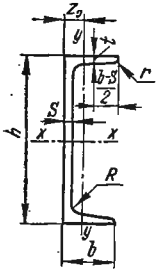
Номер профиля	Размеры, мм					Площадь сечения, см²	Справочные			
							$x-x$			
	B	b	d	R	r		I_x, 10^{-8}·м⁴	W_x, 10^{-6}·м³	i_x, см	I_y, 10^{-8}·м⁴
2,5/1,6	25	16	3	3,5	1,2	1,16	0,70	0,43	0,78	0,22
3,2/2	32	20	3 4	3,5 3,5	1,2 1,2	1,49 1,94	1,52 1,93	0,72 0,93	1,01 1,00	0,46 0,57
4/2,5	40	25	3 4 5	4,0 4,0 4,0	1,3 1,3 1,3	1,89 2,47 3,03	3,06 3,93 4,73	1,14 1,49 1,82	1,27 1,26 1,25	0,93 1,18 1,41
4,5/2,8	45	28	3 4	5,0 5,0	1,7 1,7	2,14 2,80	4,41 5,68	1,45 1,90	1,43 1,42	1,32 1,69
5/3,2	50	32	3 4	5,5 5,5	1,8 1,8	2,42 3,17	6,18 7,98	1,82 2,38	1,60 1,59	1,99 2,56
5,6/3,6	56	36	4 5	6,0 6,0	2,0 2,0	3,58 4,41	11,37 13,82	3,01 3,70	1,78 1,77	3,70 4,48
6,3/4,0	63	40	4 5 6 8	7,0 7,0 7,0 7,0	2,3 2,3 2,3 2,3	4,04 4,98 5,90 7,68	16,33 19,91 23,31 29,60	3,83 4,72 5,58 7,22	2,01 2,00 1,99 1,96	5,16 6,26 7,29 9,15
7/4,5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	27,76	5,88	2,23	9,05
7,5/5	75	50	5 6 8	8,0 8,0 8,0	2,7 2,7 2,7	6,11 7,25 9,47	34,81 40,92 52,38	6,81 8,08 10,52	2,39 2,38 2,35	12,47 14,60 18,52
8/5	80	50	5 6	8,0 8,0	2,7 2,7	6,36 7,55	41,64 48,98	7,71 9,15	2,56 2,55	12,68 14,85
9/5,5	90	56	5,5 6 8	9,0 9,0 9,0	3,0 3,0 3,0	7,86 8,54 11,18	65,28 70,58 90,87	10,74 11,66 15,24	2,88 2,88 2,85	19,67 21,22 27,08

величины для осей										
$y-y$		x_1-x_1		y_1-y_1		$u-u$			Угол наклона оси $tg\ \alpha$	Линейная плотность, кг/м
W_y, $10^{-6}\cdot м^3$	i_y, см	I_{x_1}, $10^{-8}\cdot м^4$	y_0, см	I_{y_1}, $10^{-8}\cdot м^4$	x_0, см	$I_{u\ мин}$, $10^{-8}\cdot м^4$	W_u, $10^{-6}\cdot м^3$	$i_{u\ мин}$, см		
0,19	0,44	1,56	0,86	0,43	0,42	0,13	0,16	0,34	0,392	0,91
0,30 0,39	0,55 0,54	3,26 4,38	1,08 1,12	0,82 1,12	0,49 0,53	0,28 0,35	0,25 0,33	0,43 0,43	0,382 0,374	1,17 1,52
0,49 0,63 0,77	0,70 0,69 0,68	6,37 8,53 10,70	1,32 1,37 1,41	1,58 2,15 2,74	0,59 0,63 0,66	0,56 0,71 0,86	0,41 0,52 0,64	0,54 0,54 0,53	0,385 0,381 0,374	1,48 1,94 2,38
0,61 0,80	0,79 0,78	9,02 12,09	1,47 1,51	2,19 2,98	0,64 0,68	0,79 1,02	0,52 0,67	0,61 0,60	0,382 0,379	1,68 2,20
0,81 1,05	0,91 0,90	12,37 16,57	1,60 1,65	3,26 4,42	0,72 0,76	1,18 1,52	0,68 0,88	0,70 0,69	0,403 0,401	1,90 2,49
1,34 1,65	1,02 1,01	23,24 29,16	1,82 1,87	6,25 7,91	0,84 0,88	2,19 2,65	1,13 1,37	0,78 0,78	0,406 0,404	2,81 3,46
1,67 2,05 2,42 3,12	1,13 1,12 1,11 1,09	33,00 41,42 49,87 66,87	2,03 2,08 2,12 2,20	8,52 10,78 13,09 17,92	0,91 0,95 0,99 1,07	3,07 3,73 4,36 5,58	1,41 1,72 2,02 2,60	0,87 0,86 0,86 0,85	0,397 0,396 0,393 0,386	3,17 3,91 4,63 6,03
2,62	1,27	56,74	2,28	15,24	1,05	5,34	2,20	0,98	0,406	4,39
3,25 3,85 4,99	1,43 1,42 1,40	69,70 83,91 112,48	2,39 2,44 2,52	20,81 25,20 34,22	1,17 1,21 1,29	7,24 8,48 10,87	2,73 3,21 4,14	1,09 1,08 1,07	0,436 0,435 0,430	4,79 5,69 7,43
3,28 3,88	1,41 1,40	84,60 101,81	2,60 2,65	20,83 25,23	1,13 1,17	7,57 8,88	2,75 3,24	1,09 1,08	0,387 0,386	4,99 5,92
4,53 4,91 6,39	1,58 1,58 1,56	132,49 144,73 193,85	2,92 2,95 3,04	32,17 35,25 47,81	1,26 1,28 1,36	11,77 12,70 16,29	3,81 4,12 5,32	1,22 1,22 1,21	0,384 0,384 0,380	6,17 6,70 8,77

Номер профиля	Размеры, мм					Площадь сечения, см²	Справочные			
							$x-x$			
	B	b	d	R	r		I_x, 10^{-8} м^4	W_x, 10^{-6} м^3	i_x, см	I_y, 10^{-8} м^4
10/6,3	100	63	6	10,0	3,3	9,59	98,29	14,52	3,20	30,58
			7	10,0	3,3	11,09	112,86	16,78	3,19	34,99
			8	10,0	3,3	12,57	126,96	19,01	3,18	39,21
			10	10,0	3,3	15,47	133,88	23,32	3,15	47,13
11/7	110	70	6,5	10,0	3,3	11,45	142,42	19,11	3,53	45,61
			8	10,0	3,3	13,93	171,54	23,22	3,51	54,64
12,5/8	125	80	7	11,0	3,7	14,06	226,53	26,67	4,01	73,73
			8	11,0	3,7	15,96	255,62	30,26	4,00	82,95
			10	11,0	3,7	19,70	311,61	37,27	3,98	100,47
			12	11,0	3,7	23,36	364,79	44,07	3,95	116,84
14/9	140	90	8	12,04	4,0	18,00	363,68	38,25	4,49	119,79
			10	12,0	4,0	22,24	444,45	47,19	4,47	145,54
16/10	160	100	9	13,0	4,3	22,87	605,97	56,04	5,15	186,03
			10	13,0	4,3	25,28	666,59	61,91	5,13	204,09
			12	13,0	4,3	30,04	784,22	73,42	5,11	238,75
			14	13,04	4,3	34,72	897,19	84,65	5,08	271,60
18/11	180	110	10	14,0	4,7	28,33	952,28	78,59	5,80	276,37
			12	14,0	4,7	33,69	1122,56	93,33	5,77	324,09
20/12,5	200	125	11	14,0	4,7	34,87	1449,02	107,31	6,45	446,36
			12	14,0	4,7	37,89	1568,19	116,51	6,43	481,93
			14	14,0	4,7	43,87	1800,83	134,64	6,41	550,77
			16	14,0	4,7	49,77	2026,08	152,41	6,38	616,66
25/16	250	160	12	18,0	6,0	48,3	3147,46	184,78	8,07	1032,28
			16	18,0	6,0	63,68	4091,14	242,71	8,02	1332,59
			18	18,0	6,0	71,1	4545,07	270,98	8,00	1475,10
			20	18,0	6,0	78,54	4987,48	298,8	7,97	1612,83

величины для осей										
$y-y$		x_1-x_1		y_1-y_1		$u-u$			Угол наклона оси $tg\ \alpha$	Линейная плотность, кг/м
W_y, $10^{-6}\cdot м^3$	i_y, см	I_{x_1}, $10^{-8}\cdot м^4$	y_0, см	I_{y_1}, $10^{-8}\cdot м^4$	x_0, см	$I_{u\ мин}$, $10^{-8}\cdot м^4$	W_u, $10^{-6}\cdot м^3$	$i_{u\ мин}$, см		
6,27	1,79	198,25	3,23	49,93	1,42	18,20	5,27	1,38	0,393	7,53
7,23	1,78	231,85	3,28	58,68	1,46	20,83	6,06	1,37	0,392	8,70
8,17	1,77	265,52	3,32	67,56	1,50	23,38	6,82	1,36	0,391	9,87
9,99	1,75	333,11	3,40	85,75	1,58	28,34	8,31	1,35	0,387	12,14
8,42	2,00	286,34	3,55	74,31	1,58	26,94	7,05	1,53	0,402	8,98
10,20	1,98	353,42	3,61	92,31	1,64	32,31	8,50	1,52	0,400	10,93
11,89	2,29	452,27	4,01	119,21	1,80	43,40	9,96	1,76	0,407	11,04
13,47	2,28	517,81	4,05	136,97	1,84	48,82	11,25	1,75	0,406	12,53
16,52	2,26	649,23	4,14	173,05	1,92	59,33	13,74	1,74	0,404	15,47
19,46	2,24	781,15	4,22	209,98	2,00	69,47	16,11	1,72	0,400	18,34
17,19	2,58	728,84	4,49	194,28	2,03	70,27	14,39	1,98	0,411	14,13
21,14	2,56	911,17	4,58	245,09	2,12	85,51	17,58	1,96	0,409	17,46
23,96	2,85	1221,48	5,19	300,29	2,24	110,40	20,01	2,20	0,391	17,96
26,42	2,84	1358,89	5,23	335,03	2,28	121,16	22,02	2,19	0,390	19,85
31,23	2,82	1634,21	5,32	405,41	2,36	142,14	25,93	2,18	0,388	23,58
35,89	2,80	1910,29	5,40	477,12	2,43	162,49	29,75	2,16	0,385	27,26
32,27	3,12	1932,87	5,88	444,42	2,44	165,44	26,96	2,42	0,375	22,24
38,20	3,10	2324,20	5,97	537,38	2,52	194,28	31,83	2,40	0,374	26,44
45,98	3,58	2920,49	6,50	618,07	2,79	263,84	38,27	2,75	0,392	27,37
49,85	3,57	3188,68	6,54	785,73	2,83	285,04	41,45	2,74	0,392	29,74
57,43	3,54	3725,91	6,62	922,37	2,91	326,54	47,57	2,73	0,390	34,43
64,83	3,52	4264,25	6,71	1060,97	2,99	366,99	53,56	2,72	0,388	3,07
82,79	4,62	6212,53	7,97	1634,44	3,53	604,13	69,12	3,54	0,383	37,92
108,28	4,58	8307,92	8,14	2199,73	3,69	780,56	89,88	3,50	0,383	49,91
120,63	4,55	9358,07	8,23	2486,49	3,77	865,82	99,87	3,49	0,385	55,81
132,73	4,53	10410,05	8,31	2776,37	3,85	949,40	109,66	3,48	0,383	61,65

Таблица 11. **Швеллеры с уклоном внутренних граней полок**



Номер швеллера	Масса 1 м, кг	Размеры, мм						Площадь сечения, см²
		h	b	s	t	R	r	
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5	7,51
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	10,9
12	10,4	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,3
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	15,6
14а	13,3	140	62	4,9	8,7	8,0	3,0	17,0
16	14,2	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,1
16а	15,3	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	19,5
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,7
18а	17,4	180	74	5,1	9,3	9,0	3,5	22,2
20	18,4	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,4
20а	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	4,0	25,2
22	21,0	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,7
22а	22,6	220	87	5,4	10,2	10,0	4,0	28,8
24	24,0	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,6
24а	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	4,0	32,9
27	27,7	270	95	6,0	10,5	11	4,5	35,2
30	31,8	300	100	6,5	11,0	12	5,0	40,5
33	36,5	330	105	7,0	11,7	13	5,0	46,5
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	6,0	53,4
40	48,3	400	115	8,0	13,5	15	6,0	61,5

Справочные величины для осей							z_0, см
$x-x$				$y-y$			
I_x, 10^{-8}·м^4	W_x, 10^{-6}·м^3	i_x, см	S_x, см^3	I_y, 10^{-8}·м^4	W_y, 10^{-6}·м^3	i_y, см	
22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
89,4	22,4	3,16	13,0	12,8	4,75	1,19	1,31
174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
1190	632	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
2100	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
2330	212	8,99	121	187	30,0	2,55	2,46
2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
5810	337	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
7980	484	63,1	281	410	51,8	2,97	2,59
10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

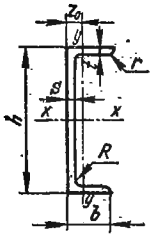


Таблица 12. **Швеллеры с параллельными гранями полок**

Номер швеллера	Масса, 1 м, кг	Размеры, мм						Площадь сечения, см²
		h	*b*	S	*t*	*R*	*r*	
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,15
8	7,05	80	40	4,5	7,6	7,0	4,0	8,98
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90
12	10,40	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30
14	12,30	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60
14а	13,30	140	62	4,9	8,7	8,0	4,5	17,00
16	14,20	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,00
16а	15,30	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50
18	16,30	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70
18а	17,40	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20
20	18,40	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40
20а	19,80	200	80	5,2	9,7	9,5	5,5	25,20
22	21,00	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70
22а	22,60	220	87	5,4	10,2	10,0	6,0	28,80
24	24,00	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60
24а	25,80	240	95	5,6	10,7	10,5	6,0	32,90
27	27,70	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20
30	31,80	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50
33	36,50	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50
36	41,90	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40
40	48,30	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50

Справочные величины для осей							z_0, см
$x—x$				$y—y$			
I_x, 10^{-8}·м^4	W_x, 10^{-6}·м^3	i_x, см	S_x, см^3	I_y, 10^{-8}·м^4	W_y, 10^{-6}·м^3	i_y, см	
22,8	9,14	1,92	5,61	5,95	2,99	0,983	1,21
48,8	15,00	2,55	9,02	9,35	4,06	1,200	1,29
89,8	22,50	3,16	13,30	13,90	5,31	1,240	1,38
175,0	34,90	3,99	20,50	22,60	7,37	1,440	1,53
305,0	50,80	4,79	29,70	34,90	9,84	1,620	1,66
493,0	70,40	5,60	40,90	51,50	12,90	1,810	1,82
547,0	78,20	5,68	45,20	65,20	15,70	1,960	2,04
750,0	93,80	6,44	54,30	72,80	16,40	2,000	1,97
827,0	103,00	6,51	59,50	90,50	19,60	2,150	2,19
1090,0	121,00	7,26	70,00	100,00	20,60	2,200	2,14
1200,00	133,00	7,34	76,30	123,00	24,30	2,350	2,36
1530,0	153,00	8,08	88,00	134,00	25,20	2,390	2,30
1680,0	168,00	8,17	96,20	162,00	29,70	2,540	2,53
2120,0	193,00	8,90	111,00	178,00	31,00	2,580	2,47
2340,0	212,00	9,01	121,00	220,00	37,00	2,770	2,75
2910,0	243,00	9,75	139,00	248,00	39,50	2,850	2,72
3200,0	246,00	9,86	152,00	302,00	46,50	3,030	3,01
4180,0	310,00	10,90	178,00	314,00	46,70	2,990	2,78
5830,0	389,00	12,00	244,00	393,00	54,80	3,120	2,83
8010,0	486,00	13,10	281,00	491,00	64,60	3,250	2,90
10850,0	603,00	14,30	350,00	611,00	76,30	3,380	2,99
15260,0	763,00	15,80	445,00	760,00	89,90	3,510	3,05

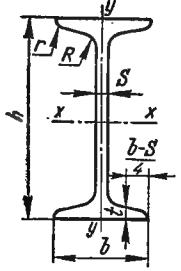


Таблица 13. **Балки двутавровые**

Номер профиля	Масса 1 м, кг	Размеры, мм					
		h	*b*	S	*t*	*R*	*r*
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5
12	11,5	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0
16	15,9	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5
18а	19,9	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5
20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0
20а	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0
22а	25,8	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0
24а	29,4	240	125	5,6	9,8	10,5	4,0
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5
27а	33,9	270	135	6,0	10,2	11,0	4,5
30	36,5	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0
30а	39,2	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0
36	48,6	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0
40	57,0	400	155	8,9	13,0	15,0	6,0
45	66,5	450	160	8,9	14,2	16,0	7,0
50	78,5	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0
55	92,6	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0
60	108,0	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0

Площадь сечения, см²	Справочные величины для осей						
	$x-x$				$y-y$		
	I_x, 10^{-8}·м⁴	W_x, 10^{-6}·м³	i_x, см	S_x, см³	I_y, 10^{-8}·м⁴	W_y, 10^{-6}·м³	i_y, см
12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
72,6	19062	943	16,2	545	667	861	3,03
84,7	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
100,0	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
118	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
138	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54

ГНУТЫЕ ПРОФИЛИ

При изготовлении стальных конструкций специальных сооружений все большее применение получают экономичные гнутые стальные профили (ГОСТ 11474—76), изготавливаемые из углеродистой стали обыкновенного качества марок по ГОСТ 380—71 * (до марки Ст4 включительно), углеродистой качественной конструкционной стали по ГОСТ 1050—74 ** и низколегированной стали по ГОСТ 19282—73 с временным сопротивлением разрыву не более 588 МПа.

Сортамент гнутых профилей представлен: уголки равнополочные в ГОСТ 19771—74 *, уголки неравнополочные в ГОСТ 19772—74 *, швеллеры равнополочные в ГОСТ 8278—75 *, швеллеры неравнополочные в ГОСТ 8281—80 (СТ СЭВ 106—74), профили С-образные в ГОСТ 8882—75, профили замкнутые сварные квадратные и прямоугольные общего назначения в ГОСТ 12336—66, сталь зетовая равнополочная холодиогнутая в ГОСТ 13229—78. Гнутые швеллеры и С-образные профили поставляются длиной от 3 до 12, а остальные длиной от 4 до 12 м.

КАНАТЫ

СТАЛЬНЫЕ КАНАТЫ

При монтаже конструкций специальных сооружений применяют круглые стальные канаты двойной свивки, состоящие из прядей, свитых в один концентрический слой. Форма и тип поперечного сечения прядей — круглопрядная с линейным касанием (ЛК) проволок между слоями. Допускается использование канатов с комбинированным точечно-линейным касанием (ТЛК) проволок в прядях.

По материалу сердечника рекомендуется применять канаты с органическим сердечником (о.с.), по способу свивки — нераскручивающиеся (Н) с правой (П) или левой (Л) свивкой, по сочетанию направлений свивки проволок в пряди и прядей в канат — только крестовой свивки. Запрещается на монтажных работах применять канаты односторонней свивки.

Следует применять канаты, изготовленные из проволоки по механическим свойствам не ниже марки I (ГОСТ 7372—79). Если нельзя получить такие канаты, то допускается использовать канаты марки II. При этом в расчетах следует принимать разрывное усилие каната по низшей смежной маркировочной группе по временному сопротивлению разрыву.

По виду покрытия поверхности проволок используют канаты без покрытия, из светлой проволоки. Причем для такелажных средств применяют стальные канаты с оцинкованной проволокой для жестких условий работы (ЖС) — в химически активных средах, для средних (СС) — в речной или морской воде.

Ниже в таблицах приводятся сведения о стальных канатах, применяемых: для оснащения грузовых полиспастов и изготовления стропов (табл. 14 и табл. 18), в качестве расчалок, оттяжек и тяг (табл. 15), в монтажных кранах как грузовые и стреловые канаты и для гуська (табл. 16 и табл. 20), в трубоукладчиках (табл. 17), в лебедках (табл. 19). В этих таблицах справа от жирной линии приведены данные для канатов, изготовленных из проволоки без покрытия.

Условное обозначение каната, например, диаметром 39,5 мм: грузового назначения, из светлой проволоки марки I, правой односторонней свивки, нераскручивающегося, с маркировочной группой по временному сопротивлению разрыву 180 кгс/мм² (1764 МПа): канат 39,5-Г-1-0-Н-180 (ГОСТ 7668—80). То же, каната диаметром 18 мм, грузопассажирского назначения, из проволоки марки В, оцинкованной по группе ЖС, левой односторонней свивки, нераскручивающегося, с маркировочной группой по временному сопротивлению разрыву 160 кгс/мм² (1568 МПа): канат 18-ГЛ-В-ЖС-Л-О-М-160 (ГОСТ 7668—80).

Технические требования, методы испытаний, упаковка, маркировка и хранение стальных канатов регламентированы ГОСТ 3241—66 *. Диаметр каната измеряют штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм на расстоянии не менее

Таблица 14. **Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6×36 (1+7+7/7+14)+1 о. с. (ГОСТ 7668—80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)							
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее							
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
6,3	15,72	155,5	—	—	—	—	27700	22650	30800	24400
6,7	17,81	176,0	—	—	—	—	31400	25700	34900	27600
7,4	20,16	199,0	—	—	—	—	35550	29100	39500	31550
8,1	25,67	253,5	—	—	—	—	45250	37050	50300	39850
9,7	38,82	383,5	60850	49850	64650	53000	68450	56100	76050	60300
11,5	51,96	513,0	81450	66750	86550	70950	91650	75100	101500	80700
13,5	70,55	696,5	110500	90650	117500	96300	124000	101500	138000	109000
15,0	82,16	812,0	128500	104500	136500	111500	144500	116500	161000	128000
16,5	105,73	1045,0	165500	135500	176000	144000	186500	150000	207000	165000
18,0	125,78	1245,0	197000	161500	209500	171500	221500	175500	146500	190500
20,0	153,99	1520,0	241000	197500	253000	210000	271500	215000	301500	233500
22,0	185,10	1830,0	290000	237500	308000	252500	326500	258500	362500	280500
23,5	215,94	2130,0	338500	277000	359500	294000	380500	304000	423000	338000
25,5	252,46	2495,0	395500	324000	420500	344000	445000	352500	404500	383000
27,0	283,79	2800,0	444500	364500	472500	387500	500500	396500	556000	430500

Окончание табл. 14.

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)							
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее							
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
29,0	325,42	3215,0	510000	417500	542000	444000	574000	454500	637500	493500
31,0	369,97	3655,0	580000	475000	616000	505000	652500	517000	725000	561500
33,0	420,96	4155,0	660000	540500	701000	574500	742500	588000	825000	638500
34,5	461,07	4550,0	722500	592000	768000	629500	813000	644500	903500	700000
36,5	503,09	4965,0	788500	646000	838000	686500	887000	703500	986000	764000
39,5	615,95	6080,0	965500	791500	1025000	841000	1085000	861000	1205000	935000
42,0	683,68	6750,0	1070000	878500	1135000	933500	1205000	955500	1340000	1030000
43,0	717,18	7120,0	1120000	919500	1190000	976000	1265000	1005000	1405000	1080000
44,5	787,38	7770,0	1230000	1005000	1310000	1065000	1385000	1095000	1540000	1185000
46,5	850,76	8400,0	1330000	1090000	1415000	1160000	1500000	1180000	1665000	1280000
50,5	1006,85	9940,0	1575000	1290000	1675000	1370000	1775000	1400000	1970000	1510000
53,5	1131,96	11150,0	1770000	1455000	1885000	1540000	1995000	1570000	2215000	1705000
56,0	1219,89	12050,0	1910000	1560000	2030000	1640000	2150000	1715000		
58,5	1314,56	13000,0	2060000	1685000	2190000	1730000	2315000	1790000		
60,5	1446,74	14250,0	2265000	1855000	2410000	1915000	2550000	1970000		
63,0	1538,92	15200,0	2410000	1970000	2560000	2020000	2710000	2085000		

Таблица 15. **Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6×19 (1+6+6/6)+1 о. с. (ГОСТ 2688—80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса 1000м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)									
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1862(190)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее									
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
6,9	18,05	176,6	28300	24000	30050	25500	31800	26300	33600	27450	35350	28700
8,3	26,15	256,0	41000	34800	43550	36950	46100	38150	48650	39850	51250	41600
9,1	31,18	305,0	48850	41550	51900	44100	55000	45450	58050	47500	61100	49600
9,9	36,66	358,6	57450	48850	61050	51850	64650	53450	68250	55950	71850	58350
11,0	47,19	461,6	73950	62850	78600	66750	83200	68800	87850	72000	92450	75150
12,0	53,87	527,0	84450	71750	89700	76200	95000	78550	100000	81900	105500	85750
13,0	61,00	596,6	95600	81250	101500	86300	107500	89000	113500	92800	119500	97000
14,0	74,40	728,0	116500	98950	123500	105000	131000	108000	138500	112500	145500	118000
15,0	86,28	844,0	135000	114500	143500	122000	152000	125500	160500	131000	169000	137000
16,5	104,61	1025,0	164000	139000	174000	147500	184500	152000	194500	159000	205000	166000
18,0	124,73	1220,0	195500	106000	207500	176000	220000	181500	232000	189500	244000	198000
19,5	143,61	1405,0	225000	191000	239000	203000	253000	209000	267000	218500	281000	228000
21,0	167,03	1635,0	261500	222000	278000	236000	294500	243500	311000	254000	327000	265500
22,5	188,78	1850,0	296000	251000	314500	267000	333000	275000	351500	287500	370000	303500

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса 1000м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)									
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1862(190)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее									
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
24,0	215,49	2110,0	337500	287000	359000	304500	380000	314000	401000	328000	422000	343000
25,5	244,00	2390,0	382500	324500	406500	345000	430000	355500	454000	372000	478000	388500
27,0	274,31	2685,0	430000	365000	457000	388000	483500	399500	510500	418000	537500	436500
28,0	297,63	2910,0	466500	396000	495500	421000	525000	434000	554000	453500	583000	473500
30,5	356,72	3490,0	559000	475000	594000	504500	629000	520000	664000	544000	699000	567500
32,0	393,06	3845,0	616000	523500	654500	556000	693000	573000	731500	599500	770000	625500
33,5	431,18	4220,0	676000	574000	718000	610500	904500	748000	954500	782500	845000	686000
37,0	512,79	5015,0	804000	683000	854000	725000	760500	629000	802500	658000	1005000	816000
39,5	586,59	5740,0	919500	781500	977000	828000	1030000	856000	1090000	891500	1145000	938500
42,0	668,12	6535,0	1045000	890000	1110000	945000	1175000	975000	1240000	101000	1305000	1060000
44,5	755,11	7385,0	1180000	1000000	1255000	1035000	1330000	1075000	—	—	—	—
47,5	861,98	8430,0	1350000	1145000	1435000	1185000	1520000	1230000	—	—	—	—
51,0	976,03	9545,0	1530000	1295000	1625000	1340000	1720000	1395000	—	—	—	—
56,0	1190,53	11650,0	1865000	1580000	1980000	1635000	2100000	1705000	—	—	—	—

Таблица 16. **Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6×19 (1+9+9)+1 о. с. (ГОСТ 3077—80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)							
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее							
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
6,4	15,63	153,0	—	—	—	—	27550	22800	30600	25050
7,8	22,47	220,5	35200	29900	37400	31300	39600	32750	44000	35750
8,8	29,92	293,6	46900	39800	49800	42350	52750	43650	58600	47600
10,5	39,54	387,5	61950	53650	65850	55950	69700	57650	77450	62950
11,5	49,67	487,0	77850	66150	82750	70300	87600	72450	97350	79050
12,0	54,07	530,0	84750	72000	90050	76500	95350	78850	105500	86050
13,0	60,94	597,3	95550	81100	101500	86150	107000	88700	119000	96800
14,0	73,36	719,0	115000	97750	122000	103500	129000	106500	143500	116500
15,0	86,95	852,5	136000	115500	144500	122500	153000	126500	170000	138000
16,5	101,68	996,5	159000	135000	169000	143500	179000	147500	199000	161500
17,5	117,58	1155,0	184000	156000	195500	166000	207000	171500	230000	187000
19,5	139,69	1370,0	219000	183000	232500	197000	246000	203500	273500	221500
20,5	158,19	1550,0	248000	210500	263500	223500	279000	230500	310000	251500
22,0	177,85	1745,0	278500	236500	296000	251000	313500	259000	348500	283000
23,0	198,67	1950,0	311500	264500	330500	281000	350000	289500	389000	316000
25,5	243,76	2390,0	382000	324500	406000	344500	429500	355500	477500	388000
28,0	293,48	2880,0	460000	391000	488500	415500	517500	428000	575000	466500
30,5	347,82	3410,0	545000	463500	579000	492000	613500	507500	681500	553500
32,5	406,76	3990,0	637500	541500	677500	575500	717500	593000	797000	647000
35,0	470,34	4610,0	737000	626500	783500	665500	829500	686000	921500	748500
37,0	513,49	5035,0	805000	684000	855000	726500	905500	749000	1005000	815000
39,0	558,74	5475,0	876000	744000	930500	790500	985500	815000	1095000	886500
40,0	595,18	5830,0	933000	792500	991500	841000	1045000	863000	—	—
41,0	632,78	6200,0	992000	843000	1050000	872000	1115000	906500	—	—
43,5	711,42	6975,0	1115000	948000	1185000	980000	1250000	1015000	—	—
45,0	752,48	7370,0	1175000	999500	1250000	1030000	1325000	1075000	—	—
46,0	794,70	7790,0	1245000	1055000	1320000	1090000	1400000	1135000	—	—

Таблица 17. Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6×19 (1+9+9)+7×7 (1+6) (ГОСТ 3081—80)

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)							
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее							
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
6,4	18,29	167,7	—	—	—	—	32250	26650	35800	29050
7,7	26,01	238,5	40750	34550	43500	36750	45850	37900	50950	41400
8,6	34,44	315,8	54000	45800	57350	48650	60750	50150	67500	54750
10,0	45,94	421,5	72000	61200	76500	65000	81000	67000	90000	73150
11,5	57,72	529,5	90500	76850	96150	81700	101500	84200	113000	91850
12,5	70,85	650,0	111000	94400	118000	39950	124500	103000	138500	112500
14,0	85,32	782,5	133500	113500	142000	720500	150500	124000	167000	135500
15,0	101,15	927,6	158500	134500	168500	143000	178000	147000	198000	160500
16,5	118,31	1085,0	185500	157000	197000	167000	208500	172000	231500	188000
17,5	136,84	1255,0	214500	182000	227500	193500	241000	199000	268000	217500
19,0	161,76	1485,0	253500	215000	269000	228500	285000	235500	317000	257000
20,5	183,28	1681,0	287000	244000	305000	259000	323000	267000	359000	291500
21,5	206,14	1890,0	323000	274000	343000	291000	363500	300000	404000	327000
22,5	230,35	2115,0	361000	306500	383500	325500	406000	336000	451000	366500
25,0	279,03	2560,0	437500	371000	464500	394500	492000	407000	546500	443500
27,5	333,13	3050,0	522000	443500	554500	471000	587500	486000	652500	529500
29,5	395,65	3630,0	620000	527000	659000	560000	697500	576500	775000	629000
31,5	463,56	4251,0	726500	617000	772000	656000	817500	676000	908500	737500
34,0	536,86	4923,0	841500	715000	894000	759500	947000	783500	1050000	854500
35,5	590,53	5415,0	925500	786500	983500	835500	1040000	861500	1155000	940000
38,0	647,04	5935,0	1010000	861500	1075000	915500	1140000	944000	1265000	1025000
40,5	733,11	6723,0	1145000	974500	1220000	1005000	1290000	1045000	—	—
43,0	824,57	7585,0	1290000	1090000	1370000	1130000	1450000	1180000	—	—
45,5	935,78	8605,0	1465000	1240000	1555000	1280000	1650000	1335000	—	—

Таблица 18. **Канат двойной свивки типа ЛК-З конструкции 6×25 (1+6; 6+12)+7×7 (1+6) (ГОСТ 7667—80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)							
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее							
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
7,8	27,54	253,0	43150	36650	45850	38950	48550	40100	53950	43650
9,5	40,39	371,0	63300	53800	67250	57150	71200	59050	79150	64030
11,5	55,17	506,5	86500	73500	91900	75100	97300	80750	108000	87300
12,5	71,29	654,5	111500	94950	118500	100000	125500	103500	139500	112500
14,0	89,46	821,0	140000	119000	149000	126000	157500	130500	175000	141500
15,5	109,78	1005,0	172000	146000	182500	155000	193500	160000	215000	173500
17,0	132,35	1210,0	207500	175000	220000	186500	233000	193500	259000	209500
19,0	159,88	1465,0	250500	212500	266000	225500	282000	233500	313000	253000
20,5	186,90	1715,0	293000	248500	311000	264000	329500	272500	366000	296000
22,5	216,78	1990,0	339500	288500	361000	306500	382000	317000	424500	343500
23,5	248,10	2275,0	389000	330000	413000	350500	437500	363000	486000	393000
25,0	281,53	2580,0	441000	374500	469000	398000	496500	411500	551500	446500
27,0	317,69	2910,0	498000	422500	529000	448500	560000	464000	622500	503500
28,0	359,60	3290,0	563500	478500	599000	508000	634000	524500	704500	569500
31,0	439,31	4030,0	688500	585000	731500	621500	774500	642500	861000	697000
34,0	529,72	4860,0	830500	705500	882500	749500	934000	774500	1035000	837000
37,0	625,74	5740,0	981000	833000	1040000	882500	1100000	914500	1225000	989500
41,0	744,88	6835,0	1165000	989500	1240000	1050000	1310000	1085000	1455000	1175000
44,0	864,16	7930,0	1355000	1145000	1435000	1220000	1520000	1260000	1690000	1365000
47,0	989,23	9080,0	1550000	1310000	1645000	1395000	1745000	1445000	1935000	1560000

Таблица 19. **Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6×19 (1+6+12)+1 о. с. (ГОСТ 3070—74)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)							
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее							
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
13,0	57,70	565,5	92300	78000	98000	83300	103500	85600	115000	93400
14,5	72,96	715,0	116500	99000	124000	105000	131000	108000	145500	118000
16,0	90,02	882,5	140000	122000	153000	130000	162000	180000	146000	134000
17,5	108,86	1070,0	174000	147000	185000	157000	195500	161500	217500	176500
19,5	130,11	1275,0	208000	176500	221000	187500	234000	193500	260000	211000
21,0	152,58	1495,0	244000	207000	259000	220000	274500	227000	305000	247500
22,5	176,86	1735,0	282500	240000	300500	255000	318000	263000	333500	287000
24,0	202,92	1990,0	324500	275500	344500	292500	365000	302000	405500	329000
25,5	230,76	2265	369000	313500	392000	333000	415000	343000	461400	374500
27,0	260,41	2555	416500	354000	442500	376000	468500	387500	520500	422500

Таблица 20. **Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6×37 (1+6+12+18)+1 о. с. (ГОСТ 3071—74)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм²)							
			1568(160)		1666(170)		1764(180)		1960(200)	
			Разрывное усилие, Н, не менее							
			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
11,5	43,85	427,0	70200	57500	74500	61000	78900	62600	87700	68000
13,5	63,05	613,5	100500	82400	107000	87700	113000	89600	126000	97700
15,0	85,77	834,5	137000	112000	145500	119000	154000	122000	171500	132500
18,0	111,99	1090,0	179000	146500	190000	155500	201500	159500	223500	173000
20,0	141,67	1380,0	226500	185500	240500	197000	255000	202000	283000	219000
22,5	174,84	1705,0	279500	229000	297000	243000	314500	249000	349500	270500
24,5	211,50	2060,0	338000	277000	359500	294500	380500	301000	423000	327500
27,0	252,26	2455,0	403500	330500	428500	351000	454000	360000	504500	390500
29,0	295,93	2880,0	473000	387500	503000	412000	532500	422000	591500	458000
31,5	343,11	3340,0	548500	449500	583000	478000	617500	489500	686000	531500
33,5	393,78	3833,0	630000	516500	669000	548500	708500	561500	787500	610000
36,5	447,91	4360,0	716500	587500	761000	624000	806000	639500	899500	694000
38,0	505,54	4920,0	808500	1130000	662500	859000	704000	909500	1017000	782500
39,5	566,67	5515,0	906500	743000	963000	789000	1022000	808500	1130000	875500
44,5	669,34	6805,0	1115000	914000	1185000	971500	1255000	995000	1395000	1080000
49,0	846,01	8235,0	1350000	1105000	1435000	1175000	1520000	1205000	1695000	1305000
66,5	1575,07	15350,0	2520000	2065000	2675000	2190000	2835000	2245000	3150000	2440000

5 м от конца отрезка каната. Запрещается использовать канаты, не имеющие сертификатов или свидетельств об их испытании.

При погрузке и разгрузке катушки с канатом стропят за ось, продетую в центральное отверстие катушки. Сматывают канат с катушки, свободно вращающейся вокруг горизонтальной оси. Рекомендуется применять катушки диаметром равным не менее 15 диаметров каната. С бухты канат следует сматывать, вращая бухту, предварительно надетую на трубу, которая уложена на козлы.

Канаты необходимо смазывать: при постоянной эксплуатации — один раз в три месяца, при хранении на складе — один раз в год. Перед нанесением смазки поверхность каната следует очистить и протереть обтирочным материалом, смоченным в бензине. Для стальных канатов используют смазки, указанные в ГОСТ 5702—75, а также смазки, рекомендуемые заводами-изготовителями каната. При отсутствии рекомендаций нужно пользоваться канатными смазками марок НМЗ-3 (МРТУ 38-1-78-66), № 33 Т (МРТУ-12 Н31-63), № 39 (ТУ 38-1-68) или смазкой для пропитки сердечников Е-1 (МРТУ 12 Н53-63).

НОРМЫ БРАКОВКИ КАНАТОВ

Нормы браковки канатов (табл. 21) устанавливают по количеству обрывов проволок на длине одного шага свивки.

При поверхностном износе или коррозии проволок количество обрывов на шаге свивки, как признак браковки, должно быть уменьшено в соответствии с табл. 22. Если износ или коррозия достигают 40% и более первоначального диаметра проволок, канат следует браковать несмотря на отсутствие обрывов проволок.

ЗАКРЕПЛЕНИЕ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ

На монтажных работах стальные канаты закрепляют при помощи дуговых сжимов (табл. 23), клиновых зажимов (табл. 24), с применением коушей (табл. 25), гильзо-клиновым соединением и заливкой расплетенного конца каната в специальной втулке баббитом или алюминиево-цинковым сплавом.

Гильзо-клиновое соединение канатов выполняют способом продольного обжатия с помощью приспособления, состоящего из гидродомкрата непрерывного действия Q=1 т и опрессовочного узла.

Гильзы изготавливают из труб по ГОСТ 8734—75 *, вкладыши — из стали марки 45 по ГОСТ 1050—74 **.

КАНАТНЫЕ УЗЛЫ

На монтаже металлических конструкций для крепления канатов к якорям, чалочным крюкам, такелажному оборудованию, для соединения канатов между собой и т. п. применяют канатные узлы (табл. 26).

РАСЧЕТ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ

Стальные проволочные канаты, применяемые в качестве грузовых, стреловых, несущих и тяговых, рассчитываются на растяжение по формуле

$$\frac{P}{S} \geqslant K,$$

где P — разрывное усилие каната в целом, применяемое по сертификату (если в сертификате дано суммарное разрывное усилие, расчет ведется по суммарно-

Таблица 21. **Нормы браковки стальных канатов**

Первоначальный коэффициент запаса прочности	6×19=114		6×37=222		6×61=366	
	Количество обрывов проволок на длине одного шага свивки каната					
	крестовой	односторонней	крестовой	односторонней	крестовой	односторонней
До 6	12	6	22	11	36	18
6—7	14	7	26	13	38	19
Свыше 7	16	8	30	15	40	20

Таблица 22. **Уменьшение норм браковки каната**

Уменьшение диаметра проволок в результате поверхностного износа или коррозии, %	Процент обрывов проволок на шаге свивки от норм, указанных в табл. 21	Уменьшение диаметра проволок в результате поверхностного износа или коррозии, %	Процент обрывов проволок на шаге свивки от норм, указанных в табл. 21
10	85	25	60
15	75	30 и более	50
20	70		

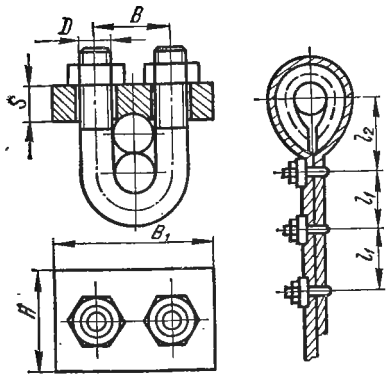


Таблица 23. **Дуговые сжимы**

Диаметр каната, мм	Размеры, мм							Масса, кг	Количество сжимов на соединение
	S	*H*	*D*	*B*	B_1	Расстояние между сжимами l_1	Расстояние от центра петли до первого сжима l_2		
8,8	10	25	M10	22	25	100	80	0,18	3
12,5	12	34	M10	24	54	100	105	0,26	3
15,5	14	40	M12	31	65	100	130	0,43	3
17,5	16	52	M16	35	75	120	145	0,70	3
19,5	16	52	M16	37	80	120	160	0,85	4

Диаметр каната, мм	Размеры, мм							Масса, кг	Количество сжимов на соединение
	S	H	D	B	B_1	Расстояние между сжимами l_1	Расстояние от центра петли до первого сжима l_2		
21,5	16	52	M16	40	85	140	175	0,90	4
24,0	20	60	M20	45	92	150	195	1,45	5
28,0	22	60	M20	49	100	180	225	1,70	5
34,5	24	70	M22	58	110	230	270	2,40	7
37,0	24	80	M24	63	120	250	300	2,80	8

Примечание. Сжимы изготавливаются из стали марки Ст3 по ГОСТ 380—71 *.

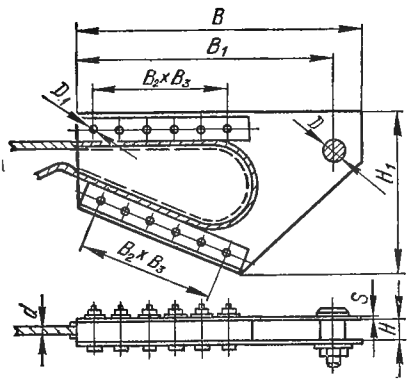


Таблица 24. **Клиновой зажим с составным корпусом**

Тип	Размеры, мм										Количество болтов или заклепок на одной стороне	Масса, кг
	d каната	B	B_1	B_2	B_3	H	H_1	D	D_1	S		
I	37	380	800	60	6	60	460	70	27	14	7	135
	26	650	580	60	5	50	370	50	20	12	6	65
II	24	550	480	50	4	40	295	50	20	10	5	37
	19,5	375	315	40	3	35	220	40	17	8	4	13,5

Примечания: 1. Для соединения щек зажимов I типа применяются болты повышенной точности по ГОСТ 7805—70 *, II типа — заклепки по ГОСТ 10299—68 *.

2. Для изготовления деталей клинового зажима используется сталь марки ВМСт3 по ГОСТ 380—71 *.

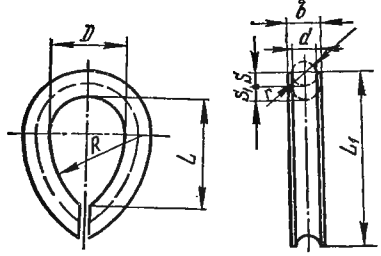


Таблица 25. **Коуш (ГОСТ 2224—72)**

Диаметр каната d, мм	Размеры, мм								Масса, кг
	D	L	L_1	b, не более	R	r	S, не менее	S_1	
7,8—9,5	30	45	65	14	38	6	4	6	0,067
9,5—11	35	50	73	16	39	6	5	6	0,118
11—15	40	55	82	20	40	7	6	7	0,214
13—15	45	65	98	23	52	8	7	8	0,314
15—17	50	70	106	25	54	9	8	9	0,423
17—18,5	55	80	122	27	65	10	9	10	0,582
18,5—20,5	60	90	137	29	76	11	10	12	0,895
20,5—22,5	65	100	152	32	87	12	10	13	1,00
22,5—24,5	70	110	166	34	99	13	11	14	1,35
24,5—26,5	80	120	177	36	102	14	11	15	1,50
26,5—28	90	130	190	40	103	15	12	16	2,04
28—30,5	95	140	205	42	115	16	12	18	2,48
30,5—32,5	100	150	220	46	127	18	13	19	3,18
32,5—34	105	155	230	48	127	18	14	20	3,70
34—36	110	160	235	52	129	19	14	21	4,14
36—39	115	170	270	54	140	21	15	22	4,85

Примечание. Условное обозначение коуша $D=40$ мм «Коуш 40 ГОСТ 2224-72».

му разрывному усилию, умноженному на 0,83); S — наибольшее натяжение ветви каната с учетом КПД полиспаста; K — наименьший допускаемый коэффициент запаса прочности канатов по нормам Госгортехнадзора СССР.

Коэффициент запаса прочности канатов K

Грузовые и стреловые канаты для кранов, лебедок, мачт, полиспастов и других подъемных механизмов с приводом:	
ручным	4
машинным, при режиме работы:	
легком	5
среднем	5,5
тяжелом и очень тяжелом	6
Канаты для стропов	6
Ванты мачт и опор	3,5
Тяговые канаты, применяемые на кранах	4
Канаты лебедок, предназначенных для подъема людей *	9

* Не разрешается применять канаты диаметром менее 7 мм.

Таблица 26. **Канатные узлы, применяемые при монтаже металлических конструкций**

Схема узла	Узел	Назначение узла
	Беседочный (морская петля)	Для образования незатягивающейся петли на конце каната
	Двойной беседочный	
	Штыковой	Для петли при неполной нагрузке на канат
	Полуштыковой	
	Простой выбленочный	Для закрепления каната к мачте или якорю
	Двойной выбленочный	
	Задвижной штык	
	Стык прямой	При стыковании канатов
	Стык брамштоковый	

ПЕНЬКОВЫЕ КАНАТЫ

Пеньковые канаты (табл. 27) изготавливают смольные и бельные. На монтажных работах для грузов массой до 200 кг применяют преимущественно смольные канаты (ГОСТ 483—75 *). Их рассчитывают по формулам для расчета стальных канатов.

Таблица 27. **Техническая характеристика пеньковых смольных канатов (ГОСТ 483—75 *)**

Размеры каната, мм		Количество в канате, шт.		Прочность, кН, не менее		Масса 100 м каната, кг
по окружности	по диаметру	витков прядей	каболок	повышенная	нормальная	
30	9,6	92	18	6,00	—	7,8
35	11,1	80	18	7,08	6,46	10,0
40	12,7	71	24	9,44	8,62	13,3
45	14,3	65	30	11,67	10,65	17,0
50	15,9	60	36	13,76	12,57	20,3
60	19,1	50	51	19,16	17,50	29,8
65	20,7	46	60	22,02	20,11	35,4
75	23,9	41	84	29,35	26,81	47,4
90	27,7	36	120	40,37	36,86	70,0
100	31,8	34	150	49,16	44,89	86,0
115	36,6	30	167	61,33	56,30	112,0
125	39,8	28	174	71,59	65,72	132,0
150	47,7	24	249	101,00	92,72	190,0
175	55,7	21	339	131,62	120,83	260,0

КАПРОНОВЫЕ КАНАТЫ

Канаты из капрона (табл. 28), применяемые на монтажных работах, имеют высокую прочность на разрыв, водоустойчивы и не поддаются гниению. Для предохранения от возгорания их пропитывают особым составом.

Таблица 28. **Техническая характеристика капроновых канатов (ГОСТ 10298—79 Э)**

Диаметр, мм	Масса 100 м, кг	Прочность, кН, не менее		Диаметр, мм	Масса 100 м, кг	Прочность, кН, не менее	
		повышенная	нормальная			повышенная	нормальная
9,6	5,4	14,5	12,4	25,5	42,2	105,8	89
11,1	7,5	20,1	17,3	28,7	53,6	140	121
15,9	15,7	42,7	36,6	31,8	64,2	162	139,5
19,1	22,8	60,2	52,2	36,6	87,0	214	184
22,2	30,8	30,5	68,5				

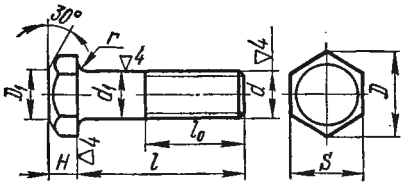
Примечание. Длина каната устанавливается по заказу. Если она в заказе не оговорена, то канат изготавливают длиной не менее 100 м.

БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

БОЛТЫ С ШЕСТИГРАННОЙ ГОЛОВКОЙ

При монтаже металлических сооружений применяют болты нормальной точности (табл. 29) с шестигранной головкой по ГОСТ 7798—70*. Длина болтов должна быть такой, чтобы после затяжки из гаек выступали концы не более 5 мм на 1—1,5 витка резьбы. Применяются также болты повышенной точности с шестигранной головкой по ГОСТ 7805—70 *.

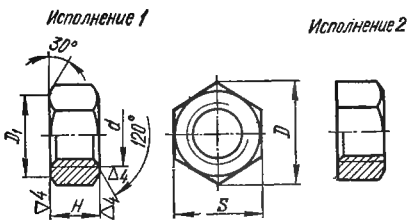
Таблица 29. Размеры болтов с шестигранной головкой, мм (ГОСТ 7798—70 *)



Наименование показателей	Диаметр резьбы d, мм												
	6	8	10	12	16	20	22	24	27	30	36	42	48
Шаг резьбы крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4	4,5	5
То же, мелкий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	2	2	2	3	3	3
Диаметр стержня d_1	6	8	10	12	16	20	22	24	27	30	36	42	48
Размер „под ключ" S	10	13	17	19	24	30	32	36	41	46	55	65	75
Высота головки H	4	5,5	7	8	10	13	14	15	17	19	23	25	30
Диаметр описанной окружности D, не менее	10,9	14,12	18,7	20,9	26,5	33,3	35,0	39,6	45,2	50,9	60,8	72,1	83,4
Радиус под головкой r, не менее	0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1,2	1,6
То же, не более	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	2,2	2,2	2,2	2,7	2,7	3,2	3,3	4,3

Примечание. $D_1=(0,90+0,95)S$, l, l_0 — значения по ГОСТ 7798—70 *.

Таблица 30. Гайки шестигранные нормальной точности (ГОСТ 5915—70 *)



Наименование показателей	Диаметр резьбы d, мм												
	6	8	10	12	16	20	22	24	27	30	36	42	48
Шаг резьбы крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4	4,5	5
То же, мелкий	0,75	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	2	2	2	3	3	3
Размер „под ключ" S	10	13	17	19	24	30	32	36	41	46	55	65	75
Диаметр описанной окружности D, не менее	10,9	14,2	18,7	20,9	26,5	33,3	35	39,6	45,2	50,9	60,8	72,1	88,4
Высота H	5	6,5	8	10	13	16	18	19	22	24	29	34	38
Масса 1000 гаек с крупным шагом резьбы, кг	2,51	6,07	11,7	17,2	33,5	54,5	79,1	110,2	166	231,2	383	617	982

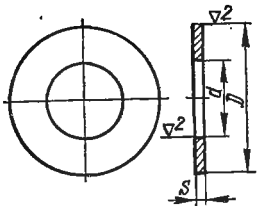
Примечание. $D_1=(0,90+0,95)S$.

ГАЙКИ

Гайки шестигранные нормальной точности по ГОСТ 5915—70 * выпускаются на 1-м и 2-м исполнении (табл. 30). Для болтов повышенной точности применяются гайки шестигранные повышенной точности по ГОСТ 5927-70 *.

ШАЙБЫ

Таблица 31. **Шайбы плоские**



Наименование и назначение	Диаметр резьбы болта, мм	Размеры шайб, мм			Масса 1000 шайб, кг
		d	*D*	*S*	
Шайбы нормальные под шестигранные гайки (ГОСТ 11371—78)	12	13	24	2,5	6,2
	14	15	28	3	10,3
	16	17	30	3	11,3
	18	19	34	3	14,7
	20	21	37	4	28,8
	22	23	39	4	24,4
	24	25	44	4	32,3
	27	28	50	5	52,9
	30	31	56	5	67,0
	36	37	66	6	110,5
Шайбы, увеличенные под шестигранные головки болтов (ГОСТ 6958—78)	12	13	36	3	20,84
	14	15	42	3	37,9
	16	17	48	4	49,6
	18	19	55	4	65,7
	20	21	60	5	97,3
	22	23	65	5	113,9
	24	25	70	6	158,1
	27	28	80	6	207,7
	30	31	90	6	264,1
Шайбы, термически обработанные для высокопрочных болтов (ТУ 14-4-87-72)	18	20	34	3	15,4
	20	22	39	4	25,5
	22	24	44	4	33,5
	24	26	50	5	56,2
	27	29	56	5	70,7

СОЕДИНЕНИЯ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ

В последние годы в нашей стране и за рубежом широкое распространение получили сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах в качестве заводских и монтажных сопряжений. Практика применения сдвигоустойчивых соединений показала, что технологический процесс постановки высокопрочных болтов производительнее клепки конструкций и более экономичен (несмотря на большую стоимость высокопрочных болтов).

Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах рассчитываются на восприятие действующих в соединении усилий трением сжатых болтами поверхностей. Сжатие поверхностей достигается высокопрочными болтами, которые натягиваются при заворачивании гаек до усилий, создающих в болтах напряжения, близкие к пределу текучести. Распределение продольных усилий между болтами принимается равномерным. В результате большого натяжения болтов и плотного соприкосновения поверхностей соединяемых элементов под гайками и головками болтов возникают силы трения, передающие усилия, действующие в соединении.

Расчетные усилия, которые могут быть восприняты каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых одним высокопрочным болтом, определяются по формуле

$$N = P_б f m,$$

где $P_б$ — осевое усилие натяжения болта, принимаемое равным 60% от разрушающего, Н ($P_б = 0{,}6\ \sigma_{вр} F_{нт}$, где $\sigma_{вр}$ — временное сопротивление разрыву стали высокопрочных болтов после термической обработки, Па; $F_{нт}$ — площадь сечения болта (нетто) по резьбе мм²:

$$F_{нт} = \frac{\pi}{16}(d_1 + d_2)^2,$$

где d_1, d_2 — диаметры резьбы соответственно внутренний и средний, мм);

f — коэффициент трения (табл. 32); m — коэффициент условий работы, равный 0,75.

Таблица 32. **Коэффициент трения между соприкасающимися поверхностями сдвигоустойчивых соединений**

Способ очистки поверхностей	Углеродистая сталь обыкновенного качества	Низколегированная сталь	Алюминиевые сплавы
Без очистки	0,25	0,25	0,15
Металлическими щетками	0,35	0,35	—
Огневым способом	0,4	0,45	—
Пескоструйным аппаратом	0,45	0,55	0,45
Травлением	—	—	0,4

Коэффициент трения существенно влияет на несущую способность сдвигоустойчивого соединения и зависит от соединения поверхностей соединяемых элементов, что, в свою очередь, зависит от способа и тщательности очистки. Чем выше коэффициент трения, тем надежней работает болтовой узел и тем большую нагрузку он воспринимает до появления в нем сдвига. Поэтому на монтаже особое внимание нужно уделять подготовке сопрягаемых поверхностей.

Высокопрочные болты изготавливаются таких же размеров, что и болты нормальной точности, но из стали с повышенными механическими свойствами. Высокопрочные болты изготавливают по ГОСТ 7798—70 *.

Исходя из формулы $C = 0{,}15 + 0{,}0083\ d$ (C — содержание углерода, %; d — номинальный диаметр болта, мм) для высокопрочных болтов следует применять такие марки стали: диаметром менее 20 мм — сталь 5; 20—24 мм — сталь 5, 35, 40, 40Х; более 24 мм — 40Х.

Таблица 33. **Режимы термической обработки высокопрочных болтов, гаек и шайб**

Метизы	Марка стали	Закалка		Температура нагрева при отпуске, °С
		Температура нагрева °С	Среда при охлаждении	
Болты	Ст5	850	Вода	350
	35	850	„	350
	40	830	„	350
	40Х	840—860	Масло	450—500
Гайки	Ст5	850	Вода	350
	35	850	„	350
	40	830	„	350
Шайбы	Ст5	850	„	350

Примечания: 1. Время нагрева при закалке составляет 25—30, при отпуске — 60 мин, температура охлаждения после закалки 10—20° С.
2. Сталь 40Х охлаждают после отпуска на воздухе при температуре 18—20° С.

Высокопрочные болты изготавливаются по технологии, принятой для болтов нормальной точности. Высадку головок болтов производят на прессах-автоматах, горизонтально-ковочных машинах и фрикционных прессах. На заготовках накатывают или нарезают резьбу. После нарезки резьбы болты и гайки термически обрабатывают. Для создания необходимых механических свойств термическую обработку болтов, гаек и шайб рекомендуется проводить в соответствии с режимами, приведенными в табл. 33. При этом их механические свойства должны быть не ниже данных, приведенных в табл. 34.

Условия работы высокопрочных болтов выдвигают специфические требования к их качеству, одним из которых является плотное прилегание головки болта и гайки к шайбе, что обеспечивает надежную передачу сжимающего усилия на стягиваемый пакет. На поверхности резьбы болтов и гаек не допускаются вмятины и заусенцы, препятствующие навинчиванию проходного калибра.

После изготовления болты и гайки предъявляются к приемке партиями в количестве не более 500. Партия должна состоять из болтов и гаек одного раз-

Таблица 34. **Техническая характеристика высокопрочных болтов, гаек и шайб**

Метизы	Марка стали	Временное сопротивление, МПа	Твердость по Брюннелю	Метизы	Марка стали	Временное сопротивление, МПа	Твердость по Брюннелю
Болты	Ст5	784	269—388	Гайки	Ст5	—	300—320
	35	784			35	—	300—320
	40	784			40	—	300—320
	40Х	1176			40Х	—	269—388
				Шайбы	Ст5	—	300

Примечание. Термообработка — закалка с последующим отпуском.

мера (диаметра, длины) и стали одной плавки, прошедших одну и ту же термическую обработку.

Назначение шайбы — служить высокопрочной прокладкой, облегчающей заворачивание гайки. Чтобы исключить появление на шайбе царапин, задиров и других следов от гайки, твердость шайбы должна быть равной твердости болта и гайки.

Осевое усилие натяжения болта P зависит от крутящего момента $M_{кр}$, диаметра болта d и коэффициента закручивания K. Коэффициент закручивания K при различных состояниях болтов равен:

Неровности, заусенцы и перекос к оси болта	0,16—0,22 / 0,183
Торцовая поверхность без дополнительной обработки	0,145—0,170 / 0,155
Поверхность специально отторцована . .	0,125—0,145 / 0,139

Коэффициент закручивания K зависит от следующих факторов: состояния болта и гайки, наличия смазки на них, состояния торцовых поверхностей гаек и шайб и от трения торцовой поверхности гайки по шайбе. Чем лучше качество болта, гайки или шайбы, тем ниже коэффициент закручивания. Из каждой партии термически обработанных болтов 50 болтов и гаек и 100 шайб испытываются в лаборатории с целью определения коэффициента закручивания. Обычно значение коэффициента закручивания высокопрочных болтов колеблется в пределах от 0,16 ÷ 0,17 до 0,20 ÷ 0,21. Среднее значение K в зависимости от качества торцовой поверхности гаек, резьбы болта и других факторов составляет 0,19. Например, при монтаже несущих конструкций покрытия Дворца культуры «Украина» (г. Киев) применялись высокопрочные болты диаметром 24 мм с осевым усилием 25,8 т. Болты и гайки изготавливались на Дружковском метизном заводе, термообрабатывались на киевском заводе «Большевик». При испытании болтов в лаборатории Днепропетровского филиала ЦНИИПроектстальконструкция средний коэффициент закручивания получился равным 0,181. По рекомендации ЦНИИПроектстальконструкции резьбу болтов и гаек перед установкой нужно предварительно смазать тонким слоем графитной смазки и прогнать гайку по болту.

Высокопрочные болты устанавливают специально обученные и имеющие удостоверение рабочие под руководством инженерно-технических работников, которые изучили особенности работы сдвигоустойчивых соединений и требования к их поставке.

К качеству изготовления конструкций с соединениями на высокопрочных болтах специальные требования не предъявляются, за исключением обработки соприкасающихся поверхностей соединяемых элементов. Рекомендуется соблюдать следующие условия при изготовлении и монтаже конструкций со сдвигоустойчивыми соединениями:

в пределах собираемых узлов нужно обеспечить качественную правку деталей. Если пакет будет собран из плохо выправленных деталей, то часть усилия по натяжению болтов будет нерационально затрачиваться на правку деталей и в таком пакете контактных поверхностей между деталями будет меньше;

зазор между стержнем высокопрочного болта и стенкой отверстия должен быть таким же, как и для болтов нормальной точности, т. е. на 3 мм больше номинального диаметра болта. Допускаемые отклонения диаметра и овальность отверстий под высокопрочные болты составляют для отверстий диаметром до 17 мм — 0 ÷ 1 мм, более 17 мм — 0 ÷ 1,5 мм;

условием надежной работы сдвигоустойчивых соединений является хорошее прилегание головки и гайки высокопрочных болтов к шайбе, поэтому не разрешается, чтобы косина отверстий превышала 2 мм любой толщины пакета. Соприкасающиеся поверхности соединяемых элементов в пределах узла и соединения перед сборкой должны быть обработаны песком, металлической дробью или кислородно-ацетиленовым пламенем. Поверхности элементов должны быть чистыми и сухими, не иметь следов ржавчины, в противном случае нельзя гарантировать предусмотренного в расчетах коэффициента трения. Запрещается

грунтовать соприкасающиеся поверхности, так как коэффициент трения грунтованных плоскостей чрезвычайно низок и не превышает 0,15—0,2. Из тех же соображений в сдвигоустойчивых соединениях не допускается применять элементы, поверхности которых оцинкованы;

плотность стяжки собранного соединения следует проверять в зоне первого стыка ряда отверстий щупом толщиной 0,1 мм; при этом щуп не должен проникать вглубь более чем на 20 мм.

Одной из самых трудоемких и ответственных операций является обработка соприкасающихся поверхностей соединяемых элементов, выполняемая непосредственно перед соединением узлов. Наиболее распространенными способами обработки поверхностей являются пневматический — кварцевым песком и термический — путем обжига многопламенными кислородно-ацетиленовыми горелками. Эти способы обеспечивают наиболее высокое значение коэффициента трения (для стали марки Ст3 $f=0{,}45$).

При пескоструйной обработке струя просеянного и просушенного песка направляется сжатым воздухом под давлением 0,3—0,5 МПа через специальное сопло на очищаемую поверхность и, снимая тонкий верхний слой, придает металлической поверхности равномерную шероховатость, которая обеспечивает высокий коэффициент трения. Расстояние от сопла до очищаемой поверхности принимается в зависимости от конфигурации обрабатываемого элемента и составляет 150—300 мм. Обработанная пескоструйным способом поверхность быстро ржавеет, поэтому очищенный узел необходимо собрать в кратчайший срок. К недостаткам пескоструйной очистки относится прежде всего образование большого количества пыли, вредно действующей на здоровье монтажников, а также большая трудоемкость подготовительных работ (просеивание, сушка песка и др.).

Хорошее качество соприкасаемых поверхностей обеспечивается при термической обработке. Сущность ее состоит в том, что при быстром нагреве поверхностного слоя металла окалина разрушается и отслаивается, а ржавчина обезвоживается и легко удаляется с обрабатываемой поверхности металлической щеткой или ветошью. В результате получается темная поверхность без металлического блеска. Этот метод отличается экономичностью и высокой производительностью труда. Огневую очистку не следует применять для деталей толщиной менее 5 мм во избежание их коробления. Для экономии ацетилена перед обжигом поверхность очищают от грязи, пыли и следов краски металлическими щетками. Огневую обработку поверхностей (во всех пространственных положениях) выполняют многопламенными горелками типа ГАО-60. От перегрева в горелке случаются обратные удары («хлопки»). Для устранения этого горелку периодически отключают от ацетилена и кислорода и охлаждают 2—3 мин в ведре с водой.

Технико-экономические показатели огневой очистки поверхностей горелками ГАО-60

Скорость перемещения горелки, м/мин	1,15
Наклон горелки к очищаемой поверхности, град	45
Рабочее давление кислорода, МПа	0,4—0,5
То же, ацетилена, МПа	0,04—0,05
Фактический расход газа на 1 м², м³	
кислорода	1
ацетилена	0,62
Фактические затраты времени на очистку, чел.-ч на 1 м², в том числе:	
обжиг	0,7
очистка стальными щетками	0,25
протирка ветошью	0,10
Состав звена по очистке, чел.:	
газорезчик 5-го разряда	1
монтажники 2-го и 3-го разрядов	2

Технология установки высокопрочных болтов заключается в следующем: после очистки сопрягаемых поверхностей и сборки узла согласно проекту болты

вставляют в отверстия пакета и вручную наживляют гайки. При этом одна шайба устанавливается под головку болта, вторая под гайку. Предварительное осевое натяжение рекомендуется задавать болтам с помощью пневматических гайковертов. До проектного натяжения болты дотягивают вручную специальными динамометрическими ключами различной конструкции с контролируемым крутящим моментом. На монтаже конструкций Дворца культуры «Украина» был применен динамометрический ключ конструкции Киевского авиазавода. Корпус ключа изготовлен из алюминиевого сплава. Ключ был рассчитан на максимальный момент 980 Н·м, однако из-за того, что высокопрочные болты необходимо было затянуть до момента в 1078 Н·м, потребовалось использовать приставку, увеличивающую плечо ключа и обеспечивающую создание момента закручивания до 1225 Н·м.

Отсчет по ключу, независимо от конструкции ключа и крутящего момента, необходимого для получения заданного проектом усилия натяжения болта, следует производить при повороте гайки; поворот гайки должен выполняться плавно, без рывков. Отклонения от указанного в проекте натяжения болтов не должны превышать ±10%. Постоянные высокопрочные болты необходимо затягивать от середины к краям. Запрещается производить затяжку от одного конца соединения к другому или обоих концов к середине.

На заводе-изготовителе динамометрические ключи тарируют на специальных устройствах, данные тарировки заносят в паспорт ключа. Кроме этого, ежедневно перед началом работы на монтажной площадке полагается тарировать ключи. Обычно для этого применяют самодельные стенды с грузом, расположенным на расстоянии, равном плечу приложения усилия рабочим. При создании грузом определенного момента фиксируют показания стрелки на шкале динамометрического ключа.

При закручивании гаек динамометрическим ключом один монтажник прикладывает усилие на рычаг ключа, второй следит за показанием стрелки на шкале. Когда стрелка доходит до величины, соответствующей заданному моменту, закручивание гайки прекращается. Закрученные гайки маркируют яркой краской.

В процессе укрупнительной сборки и монтажа конструкции на высокопрочных болтах контролируются все этапы технологического процесса: качество очистки сопрягаемых поверхностей, подготовка болтов (очистка, промывка и смазка), исправность инструмента, тарирование ключей, затяжка болтов на заданное усилие, качество собранного узла. С участием представителей технического надзора после окончания закручивания гаек высокопрочных болтов проверяется усилие натяжения 25% поставленных болтов.

Проверка производится с помощью динамометрических контрольных ключей, оттарированных до начала контроля. Результаты проверки записываются в специальный журнал. Если обнаруживается, что количество недотянутых или перетянутых высокопрочных болтов превышает 10% от числа проверенных, проверяют все болты соединения. Недотянутые болты должны быть дотянуты до заданного проектного усилия, болты и гайки, на которых после затягивания появились дефекты в виде повреждения резьбы, трещин, должны быть заменены. Заменяются также болты, которые будучи затянуты с проектным моментом, при контроле поворачиваются в отверстиях вместе с гайкой. С помощью щупов проверяется наличие зазоров между деталями стыкуемого пакета. Если зазоры превышают допустимые, узел следует переделать.

Результаты операций по контролю качества технологического процесса оформляются в специальных журналах и актах на скрытые работы.

РАСЧЕТ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Болтовые соединения рассчитываются:
на растяжение по формуле

$$\frac{N}{\pi d_1^2/4} \leqslant R_{\text{р}},$$

где N — сила растяжения одного болта, H; $R_{р}$ — расчетное сопротивление болта на растяжение, Па; d_1 — внутренний диаметр резьбы болта, мм;

на срез — по формуле

$$\frac{N}{n_{ср}\,(\pi d_1^2/4)} \leqslant R_{ср},$$

где $n_{ср}$ — количество срезов в одном болте; $R_{ср}$ — расчетное сопротивление болта на срез, Па.

Таблица 35. **Расчетные сопротивления болтовых соединений, МПа**

Напряженное состояние	Болты из сталей точности								Анкерные болты			
	нормальной				повышенной							
	ВСт3, ВСт3кп	ВСт5	09Г2	14Г2, 15ХСНД	ВСт3, Вст3кп	ВСт5	09Г2	14Г2, 15ХСНД	ВСт3, ВСт3кп	ВСт5	09Г2	14Г2, 15ХСНД
Срез	127,4	137,2	—	—	166,6	176,4	196,0	215,6	—	—	—	—
Растяжение	166,6	186,2	196,0	225,4	166,6	186,2	196,0	225,4	137,2	147	166,6	186,2

Таблица 36. **Допускаемые усилия на болты нормальной точности, кН**

Марка стали	Диаметр болта, мм								
	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Растяжение									
ВСт3, ВСт3кп	12,6	17,4	23,0	29,1	37,4	46,7	53,9	71,0	86,2
ВСТ5	14,2	19,5	26,8	32,5	41,8	54,3	60,2	79,4	96,5
09Г2	14,9	20,4	28,2	34,3	44,1	55,0	63,5	83,6	101,7
14Г2, 15ХСНД	17,1	23,5	32,5	39,4	50,7	63,4	73,0	96,2	116,9
Срез									
ВСт3, ВСт3кп	14,4	19,6	25,5	32,5	40,0	48,4	57,5	73,0	90,1
ВСт5	15,4	21,0	27,5	34,9	43,1	52,1	62,1	78,4	97,0

Таблица 37. **Допускаемые усилия на болты повышенной точности, кН**

Марка стали	Диаметр болта, мм								
	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Растяжение									
ВСт3, ВСт3кп	22,6	17,4	23,9	29,1	37,4	46,7	53,9	71,0	86,2
ВСт5	14,2	19,5	26,8	32,5	41,6	52,3	60,2	79,4	96,5
09Г2	14,8	20,4	28,2	34,3	44,1	55,0	63,5	83,6	101,7
14Г2, 14ХСНД	17,1	23,5	32,5	39,4	50,7	63,4	73,0	96,2	116,9

Марка стали	Диаметр болта, мм								
	12	14	16	18	20	22	24	27	30
	Срез								
ВСт3, ВСт3кп	18,8	25,6	33,5	42,4	52,4	63,2	75,2	95,2	117,6
ВСт5	19,9	27,1	35,4	44,8	55,3	66,9	79,7	100,9	124,4
09Г2	12,3	30,1	39,3	49,8	61,5	74,4	88,6	111,7	146,0
14Г2, 15ХСНД	24,4	33,1	43,3	54,8	67,7	81,9	97,5	122,5	152,8

Примечание. Приведенные данные получены расчетным путем.

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ЭЛЕКТРОДЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ (ГОСТ 9467—75)

Для ручной дуговой электросварки углеродистых и низколегированных сталей конструкций специальных сооружений применяют следующие металлические электроды: Э38, Э42, Э46 и Э50 — с временным сопротивлением разрыву от 372,4 до 490 МПа (от 38 до 50 кгс/мм²); Э42А, Э46А и Э50А — с временным сопротивлением разрыву от 411,6 до 490 МПа (от 42 до 50 кгс/мм²), когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости; Э55 и Э60 — с временным сопротивлением разрыву от 539 до 588 МПа (от 55 до 60 кгс/мм²).

Электроды для ручной дуговой сварки должны иметь заводской паспорт, в котором указываются марка, тип и назначение, марка свариваемой стали, род тока, рекомендуемые режимы сварки, режимы сушки и др.

Электроды должны образовывать стабильную дугу, равномерное плавление металла и покрытия без образования «козырька», легкое удаление шлака после остывания шва, отсутствие в металле шва шлаковых включений и трещин.

Таблица 38. **Механические свойства металла шва или наплавленного металла и сварного соединения при дуговой сварке металлическими электродами (ГОСТ 9467—75)**

Тип электрода	Металл шва или наплавленный металл			Сварное соединение	
	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/м²	Временное сопротивление разрыву, МПа	Угол загиба,°
Э38	372,4	14	294	372,4	60
Э42	411,6	18	784	411,6	150
Э46	450,8	18	784	450,8	150
Э50	490,0	16	686	490,0	120
Э42А	411,6	22	1470	411,6	180
Э46А	450,8	22	1372	450,8	180
Э50А	490,0	20	1274	490,0	150
Э55	539	20	1176	539,0	150
Э60	588	18	980	588,0	120

Таблица 39. **Техническая характеристика электродов для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей**

Тип	Марка	Диаметр, мм	Ток и полярность	Положение сварки	Режим прокалки перед сваркой		Примечание
					Температура, °С	Время, мин	
Э42	АНО-1	4;5;6	≂	Нижнее	180—200	60	—
	АНО-5	4;5;6	≂	Все положения	180—220	60	—
	АНО-6	4;5;6	≂	То же	180—200	60	—
	ОМА-2	2;2,5;3	≂	»	100	60	—
	ВСП-1	3;4;5	≂ +	»	100	60	Рекомендуются для сварки корневых швов без подкладных колец
	ВСП-2	3;4;5	—	»	100—110	90	
	ВСЦ-4	3;4;5	— +	»	100—110	60	—
Э42А	УОНИ-13/45	2;3;4;5;6	— +	»	350—370	60	
	СМ-11	4;5;6	≂	»	300—350	60	
	УП-1/45	2;3;4;5	≂	»	350—370	60	
	УП-2/45	2;3;4;5	≂	»	300—350	60	
	ОСЗ-2	3;4;5	— +	»	250—300	60	
Э46	АНО-3	3;4;5	≂	»	190—200	40	—
	АНО-4	3;4;5	≂	»	190—200	40	
	МР-3	4;5;6	≂ +	»	170—200	90	
	ОЗС-3	3;4;5;6	≂	Нижнее	100—120	60	
	ОЗС-4	3;4;5;6	≂	Все положения	100—120	60	
	ОЗС-6	3;4;5;6	≂	То же	150—180	60	
	ОЗС-9	3;4;5;6	≂	»	120—160	60	
	ОЗС-12	3;4;5;6	≂	»	120—160	60	
	РБУ-4	3;4;5;6	≂ +	»	200	120	
	РБУ-5	4;5;6	≂	»	200	120	
	ЗРС-1	5;6	≂	Нижнее	150	60	
	ЗРС-2	5;6	≂	Все положения	150	90	

Тип	Марка	Диаметр, мм	Ток и полярность	Положение сварки	Режим прокалки перед сваркой		Примечание
					Температура, °С	Время, мин	
Э46А	Э138/45Н	4;5;6	≃	Все положения	330—350	30	—
Э50	ВСЦ-3	3;4;5	—	То же	100—110	90—120	—
	ВСН-3	4;5	—+	»	300	60	—
	УОНИ-13/55	3;4;5;6;	—+	»	350	60	Рекомендуются для ванной сварки арматуры и рельсов
	ДСК-50	4;5	≃	»	350—370	60	
Э50А	УП-1/55	3;4;5;6	≃	»	350—370	60	—
	УП-2/55	3;4;5	≃	»	350—360	60	—
	СК2-50	3;4;5	≃	»	350	60	—
	АНО-11	4;5;6	≃	»	320—380	30	—
	Э138-50Н	4;5;6	—+	»	300—350	60	—
Э55	УОНИ-13/55у	3;4;5;6	≃+	Горизонтальные и вертикальные стыки арматуры	300—350	60	Рекомендуются для ванной сварки арматуры и рельсов
Э60А	УОНИ-13/65	3;4;5;6	—+	Все положения	400	60	—
Э70	ЛКЗ-70		—+	Нижнее	320—350	60	Рекомендуются для сварки высокопрочных сталей ограниченной свариваемости
	АНП-2		—+	Все положения	420—450	120	
Э85	УОНИ-13/85	3;4;5	—+	Все положения	370	60	Рекомендуются для ванной сварки арматуры и рельсов
	УОНИ-13/85у	3;4;5	≃	То же	300—350	60	

Примечание. ~ переменный ток, — постоянный ток — + постоянный ток обратной полярности.

Таблица 40. **Техническая характеристика порошковой проволоки для механизированной сварки**

Марка проволоки	Нормативный документ	Соответствует типу электрода	Диаметр проволоки, мм	Рекомендуемый режим сварки		Производительность наплавки, кг/ч	Технологические особенности сварки
				сила тока, А	напряжение, В		
ПП-АН1	ТУ 14-4-48-71	Э46	2,8	200—350	24—28	2—5	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых сталей в нижнем и наклонном положениях постоянным и переменным током. Допускается сварка металла с ржавыми или увлажненными кромками
ПП-АН3	ТУ ИЭС 24-74	350А	2,8; 3	350—500	25—30	5—9	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем и наклонном положениях постоянным током с обратной полярностью. Возможна сварка с принудительным формированием на вертикальной плоскости. Не допускается сварка по ржавым кромкам
ПП-АН3С	ТУ ИЭС 24-74	350А	3	420—450	24—27	5—9	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых и низколегированных сталей в горизонтальном положении на вертикальной плоскости с полупринудительным формированием
ПП-АН4	ТУ 14-4-49-71	350А	2;2,2;2,5	230—550	25—33	8—10	Сварка в углекислом газе низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем и наклонном положениях. Рекомендуется для сварки особо ответственных конструкций, работающих в сложных климатических условиях при значительных динамических и знакопеременных нагрузках

Марка проволоки	Нормативный документ	Соответствует типу электрода	Диаметр проволоки, мм	Рекомендуемый режим сварки		Производительность наплавки, кг/ч	Технологические особенности сварки
				сила тока, А	напряжение, В		
ПП-АН5	—	350	3	420—450	24—27	6—9	Сварка в углекислом газе низкоуглеродистых сталей в вертикальном положении с принудительным формированием
ПП-АН7	ТУ ИЭС 60-74	Э50А	2,0;2,3	160—300	20—26	3—6	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении и на вертикальной плоскости. Возможна сварка горизонтальных швов на вертикальной плоскости с полупринудительным формированием. Не рекомендуется для конструкций, работающих при низких температурах
ПП-АН8	ЧМТУ 4-353-71	Э50А	2,2;2,5;3	150—550	20—38	До 12	Сварка в среде углекислого газа низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем и наклонном положениях. Рекомендуется для сварки изделий, к внешнему виду которых предъявляются повышенные требования
ПП-АН9	ТУ 14-4-198-72	Э50А	2,2;2,5	240—530	25—35	6—9	Сварка в среде углекислого газа низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем и наклонном положениях. Рекомендуется для сварки особо ответственных конструкций. Проволока обладает улучшенными гигиеническими характеристиками

Марка проволоки	Нормативный документ	Соответствует типу электрода	Диаметр проволоки, мм	Рекомендуемый режим сварки		Производительность наплавки, кг/ч	Технологические особенности сварки
				сила тока, А	напряжение, В		
ПП-АН10	ВТУ ИЭС 84-71	Э50А	2,2	150—500	23—37	До 12	Сварка в среде углекислого газа низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем, вертикальном и горизонтальном положениях. Рекомендуется для сварки изделий, к внешнему виду которых предъявляют повышенные требования
ПП-АН11	ТУ ИЭС 96-74	Э50А	2,0;2,4	150—300	20—26	7—9	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях. При сварке в потолочном положении: сила тока 140—160 А, напряжение 18—20 В
ПП-АН12	—	Э50А	2,2;2,5	150—450	21—27	7—9	То же
ПП-АН17	ВТУ ИЭС 97-74	Э46	3,0	350—600	24—32	5—9	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых сталей в нижнем положении
ПП-АН19	ТУ ИЭС 106-75	Э50А	2,3;3,0	250—450	23—28	8—9	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях с принудительным формированием
ПП-1ДСК	ТУ 36 УССР 241-72	Э50	1,8;2,2	150—300	21—30	2—5	Сварка низкоуглеродистых сталей в нижнем и вертикальном положениях постоянным и переменным током

Марка проволоки	Нормативный документ	Соответствует типу электрода	Диаметр проволоки, мм	Рекомендуемый режим сварки		Производительность наплавки, кг/ч	Технологические особенности сварки
				сила тока, А	напряжение, В		
ПП-2ДСК	ТУ 36 УССР 639-72	Э50А	1,8;2,2; 2,35	180—450	25—32	6—8	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем, вертикальном и горизонтальном положениях
ПП-2ВДСК	ТУ 36 УССР 709-72	Э50А	2,35;2,7	До 400	24—30	6—8	Сварка открытой дугой в вертикальном положении низкоуглеродистых и низколегированных сталей с принудительным формированием шва
СП-2	ТУ 36-1830-74 ММСС СССР	Э50А	2,35;2,55	300—500	26—34	6—8	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении и на вертикальной плоскости
ЭПС-15/2	—	Э50	2,5	400—450	25—35	5—8	Сварка открытой дугой низкоуглеродистых сталей в нижнем и наклонном положениях постоянным и переменным током
ЭПС 15М	—	Э50А	2,1	320—440	21—26	5—8	Сварка открытой дугой низкоуглеродистой и низколегированной сталей в нижнем, вертикальном и горизонтальном положениях
ППЗ-ПСК	—	Э50	2,0;2,5; 2,8;3	300—500	25—30	До 9	Сварка открытой дугой электрозаклепками листовой низколегированной стали толщиной от 0,5 до 6 мм

МЕХАНИЗМЫ, ТАКЕЛАЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МОНТАЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ВЫПУСКАЕМОЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МИНМОНТАЖСПЕЦСТРОЯ СССР

Заводами Главстроймеханизации Миимонтажспецстроя СССР серийно изготавливаются монтажные стреловые краны — гусеничные, пневмоколесные, автомобильные, специальные и башенные, трубоукладчики (табл. 41), монтажные козловые краны (табл. 42), электрические монтажные лебедки (табл. 43) и монтажные блоки (табл. 44).

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, ВЫПУСКАЕМЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МИНСТРОЙДОРМАША СССР И ДРУГИМИ ВЕДОМСТВАМИ

Заводы Минстройдормаша СССР и других ведомств серийно изготавливают стреловые самоходные краны — автомобильные с гибкой (табл. 45) и с жесткой подвеской стрелы (табл. 46), автомобильные с башенно-стреловым оборудованием (табл. 47) и пневмоколесные с обычными стрелами (табл. 48) и башенно-стреловым оборудованием (табл. 49), гусеничные с обычными стрелами (табл. 50) и башенно-стреловым оборудованием (табл. 51), краны на рельсовом ходу (табл. 52), башенные краны (табл. 53).

Технические характеристики самоподъемных кранов для монтажа башенно-мачтовых сооружений, а также характеристики стальных канатов для самоподъемных кранов сведены в табл. 54—56.

В табл. 60 приведены технико-экономические характеристики вертолетов, используемых на монтажных работах.

Технические характеристики трубоукладчиков, применяемых при монтаже конструкций специальных сооружений, даны в табл. 59, автомобильных тягачей — в табл. 57, компрессорных станций — в табл. 58.

Таблица 41. Техническая характеристика монтажных стреловых кранов

Наименование, марка	Максимальная грузоподъемность, т	Длина стрелы, м	Наибольшая высота подъема, м	Скорость подъема груза, м/мин	Скорость передвижения, км/ч	Частота вращения платформы, об/мин	Габаритные размеры, м	Масса, т	Отпускная цена, тыс. руб.	Изготовитель
Гусеничные краны										
МКТ-6,3 (на базе трактора Т-100М)	6,3	6,12; 12 и 12 с гуськом	7,5;13,2 14,0	3,82 5,72	2,36—10,15	1	4,9×2,7×3,9	21,37	13,3	Свердловский механический завод № 4
КМТ-6,3 (на базе трактора Т-130)	6,3	6,0;12 и 12 с гуськом	7,2;12,8	4,0;6,0	3,2—10,45	0,9	9,8×2,7×4,6	21,0	17,2	То же
МКГ-10А (на базе трактора Т-100М)	10	10;14;18; 18 с гуськом	10;14; 18;20	0,17—0,34	0,87—4,35	0,3—1,7	14,5×5,5×3,1	20,0	22,2	Калининградский ремонтно-механический завод
МКГ-16А	16	10;18;26; 26 с гуськом	10;18; 24,3;25,4	2,3—33,0	До 3	0,3—1,7	15,3×3,2×3,5	25,5	28,2	То же
МКГ-25БР с оборудованием: стреловым	25	13,5;18,5; 23,5;28,5; 33,5	13,5;18,0; 23,0;28,0; 33,0	0,36—0,73	До 1,05	0,36—0,73	7,2×3,2×4,3	41,7	33,6	Чебаркульский ремонтно-механический завод
башенным	20	10;15;20	До 47	0,36—0,73		0,36—0,73	7,2×3,2×4,3	41,7	33,6	

Наименование, марка	Максимальная грузоподъемность, т	Длина стрелы, м	Наибольшая высота подъема, м	Скорость подъема груза, м/мин	Скорость передвижения, км/ч	Частота вращения платформы, об/мин	Габаритные размеры, м	Масса, т	Отпускная цена, тыс. руб.	Изготовитель
Пневмоколесные краны										
МК-25А	25	14,1;19,1 22,1;27,1 30,1;35,1	14;19;22; 27;30;35	0—8,4	90,2	6	13,9×3,2× ×4	35,6	37,3	Куйбышевский механический завод № 1
МКН-4 (на базе автопогрузчика 4045Н)	4	4,02	7	4,1—10	90,5	—	5,2×2,25× ×2,9	3,3	13,3	Мытищенский опытный ремонтно-механический завод
Автомобильные краны										
МКА-2 с телескопической стрелой (на базе ЗИЛ-130)	2	6,5—13	До 15	18	60	1,1	9,3×2,5× ×3,4	7,6	15,0	То же
МКА-6,3 (на базе ЗИЛ-130)	6,3	8;12	8,1;12,2	2,6—15	5	0,3	9,2×2,6× ×3,9	9,77	13,2	Куйбышевский механический завод № 1
МКА-10М (на базе МАЗ —500А) со стрелой:										
секционной	10	10;14;18;18 с гуськом	10;14;18; 20	4,8—24,3	5	0,37— —1,87	13,2×2,8× ×3,9	14,8	16	Туапсинский машиностроительный завод
выдвижной	10	10:12;15;	10:12;14; 14;8	4,8—24,3	5	0,37— —1,87	13,2×2,8× ×3,9	14,8	16	То же

Наименование, марка	Максимальная грузоподъемность, т	Длина стрелы, м	Наибольшая высота подъема, м	Скорость подъема груза, м/мин	Скорость передвижения, км/ч	Частота вращения платформы, об/мин	Габаритные размеры, м	Масса, т	Отпускная цена, тыс. руб.	Изготовитель
МКА-16 (на базе КрАЗ-257)	16	10;15;18;23;23 с гуськом	11;15;2;18,3;23,5;25,1	3,4—39,4	до 5	0,4—1,52	14,3×2,8×3,9	22,7	22,3	Туапсинский машиностроительный завод
МКШ-16	16	11,3;13,8;16,3;18,8;21,3;23,8	10;12,5;15;17,3;23,1;25	0—37,7	до 2,3	0—2,4	15,3×2,8×4	26		То же
МКШ-25	25	15;20,5;22,5;25,0;27,5;30;32,5;35,0	14,5;19,5;22,0;24;26,5;29;31,5;34	0—10,8	2	0—1	12,5×3,0×5,2	39,5		Куйбышевский механический завод № 1
Специальные краны										
МКТ-40 (на базе полуприцепа к тягачу МоАЗ-546П)	40	15;20;25;30;35	15,5;20,5;30,5;35,5	0,24—0,49	2,5	0,37	11×4×4,1×4,2	44,1	55	Туапсинский машиностроительный завод
МКТ-6-45 (на базе полуприцепа к тягачу МоАЗ-546П)	13	28;33;38;43	33;38;43;48	0,73—14,5	2,5	0,37	12,5×4,2×4,1	41,5	60,8	То же
Башенные краны										
МСК-10-20	10	18;23;35	46;51	2;25—15	20	0,5	Колея 6,5 м	51	30	Свердловский механический завод № 4

Наименование, марка	Максимальная грузоподъемность, т	Длина стрелы, м	Наибольшая высота подъема, м	Скорость		Частота вращения платформы, об/мин	Габаритные размеры, м	Масса, т	Отпускная цена, тыс. руб.	Изготовитель
				подъема груза, м/мин	передвижения, км/ч					
БКСМ-4ПМ4 (погрузчик)	5	30	13,2	12	20	0,5	Колея 6 м	71,8	21	Калининградский ремонтно-механический завод
КП-300 (погрузчик)	10	30	12,5	12	20	0,5	Колея 6 м	110,6	30,7	То же
Трубоукладчики										
ТО-1224В (на базе трактора Т-100М)	12	4,5	4,6	7—16	2,36—6,45	—	4,2×4,3××6	19,3	11,0	Березовский ремонтно-механический завод
ТГ-123 (на базе трактора Т-130)	12,5	3,5	5,0	3,6—18,6	3,7—6,1	—	—	21,2	33,1	То же

МОНТАЖНЫЕ КОЗЛОВЫЕ КРАНЫ

Таблица 42. Техническая характеристика монтажных козловых кранов

Марка крана	Грузоподъемность, т	Высота подъема, м	Колея, м	Скорость, м/мин		Длина консолей, м	Масса, т	Отпускная цена, тыс. руб.
				подъема	передвижения			
УКК-3,2	3,2	2,55—5,8	6—16	8	30	0—5,3	9,0	5,0
К-305Н	32	10,5	32	8	22	—	55	18,6
КК-32	32	10,6	32	8	63	8	67	55,0
КМК-200	200	24	24,27	1,5	11	—	212	200

Изготовитель — Калининградский ремонтно-механический завод.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОНТАЖНЫЕ ЛЕБЕДКИ

Таблица 43. Техническая характеристика электрических монтажных лебедок

Марка лебедки	Тяговое усилие, кН	Канатоемкость барабана, м	Диаметр каната, мм	Количество слоев навивки	Электродвигатель		Масса, т	Отпускная цена, руб.	Изготовитель
					Тип	Мощность, кВт			
ЛС-1Н	9,8	60	9,7	3	АОЛСЭ 2-31-2	3,0	0,1405	300	Березовский ремонтно-механический завод
ЛМ-5М	49	250	22	5	АОС 2-61-4	14,5	1,2	720	Ленинградский ремонтно-механический завод
Специальная	78,4	350	28	5	АОС 2-54-2	11	2,12	1400	Ростовский механический завод Главстроймеханизации № 5
»	122,5	800	33	7	МТКВ-411-6	22	5,65	4050	Свердловский механический завод № 4

МОНТАЖНЫЕ БЛОКИ

Таблица 44. Техническая характеристика монтажных блоков

Марка блока	Грузоподъемность, т	Количество роликов, шт.	Диаметр роликов, мм	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Отпускная цена, р.	Завод-изготовитель
				длина	ширина	высота			
БМ-1,25	1,25	1	120	343	150	90	6	13,5	Калининградский ремонтно-механический завод
БМ-2,5	2,5	1	150	453	200	107	13,8	19,3	То же
БМ-5	5	1	250	740	320	130	32,3	22	„
БМ-10	10	2	200	615	265	170	57,0	45	„
БМ-32	32	4	300	985	375	334	205	130	„
БМ-50	50	5	350	985	430	495	348	200	Чебаркульский ремонтно-механический завод
БМ-160	160	8	450	1575	560	1255	1500	870	То же
БМ-280	280	11	450	1880	690	2200	3300	3600	„

Таблица 45. Техническая характеристика автомобильных стреловых кранов с гибкой подвеской стрелы

Марка крана	Грузоподъемность, т					Длина, м			Скорость		Частота вращения платформы, об/мин	Масса, т	Марка базового автомобиля
	с опорами		без опор										
	основной стрелы	со вставками	с гуськом	основной стрелы	со вставками	основной стрелы	стрелы со вставками	гуська	подъема груза, м/с	передвижения, км/ч			
КС-3562А	5—1,5	2—0,6	—	1—0,25	—	6	10,3	—	0,006—0,21	75	0,75—2,5	7,4	ГАЗ-53А
КС-2561Д	6,3—1,9	3,7—0,9	2—0,8	1—0,1	—	8	12	1,5	0,02—0,17	75	0,3—2,5	8,9	ЗИЛ-130
КС-2563 (К-67)	6,3—1,8	3—0,9	—	2—0,5	—	8,4	12,4	—	0,03—0,11	40	0,4—1,8	12,4	МАЗ-500
КС-3561А	10—1,6	4—1,3	1,8—0,4	2,5—0,4	—	10	14;18	3	0,008—0,2	50	0,15—2,6	14,0	МАЗ-500А
КС-3562А	10—1,6	3—0,5	1,8—0,4	—	—	10	18	3	0,003—0,17	77	0,1—1,6	14,3	МАЗ-500А
СМК-10	10—2	6—0,9	—	—	—	10	16	—	0,006—0,16	70	1—1,5	14,7	МАЗ-500А
МКА-10А	10—2,7	5,6—1	3—0,5	2,5—0,3	—	10	14;18	2,3	0,07—0,35	76	0,3—1,69	14,8	МАЗ-500А
КС-4561 (К-162)	16—3,7	8,5—1,1	2,5—0,075	5—1	—	9,75	15,75; 21,75	5	0,003—0,14	55	0,1—1,6	22,5	КрАЗ-257К
МКА-16А	16—4,45	11,5—1,85	4—0,25	5—0,87	3,3—0,53	10	23	1,5	0,08—0,11	45	0,01—0,013	23,5	КрАЗ-257К

Примечания: 1. Скорость передвижения кранов с грузом до 5 км/ч.
2. Кран КС-3562Б выпускается на базе автомобиля МАЗ-5334, характеристика аналогична характеристике крана КС-3562А.

Таблица 46. **Техническая характеристика автомобильных стреловых кранов с жесткой подвеской стрелы**

Марка крана	Грузоподъемность, т				Длина, м			Скорость		Частота вращения платформы, об/мин	Масса, т	Марка базового автомобиля
	с опорами			без опор основной стрелы	основной стрелы	выдвижной стрелы	гуська	подъема груза, м/с	передвижения, км/ч			
	основной стрелы	выдвижной стрелы	с гуськом									
КС-1571	4,0—1,8	2,5—0,45	—	1—0,02	6,5	10,5	—	0,005—0,267	80	0,1—24	7,4	ГАЗ-53А
КС-2571	6,3—2,2	4—0,8	1,9—0,2	2—0,2	8,5	10,8	3	0,003—0,2	85	0,2—2	10,2	ЗИЛ-130
КС-3571	10—2,7	7,6;4,1	1,5;1,1—1,3	2,5—0,5	8	14	6	0,003—0,17	75	0,1—1,6	15,5	МАЗ-500А
КС-4571	16—3,7	8,5; 5—3,7	2,5; 1,5—0,075	5—1	9,75	15,75; 21,57	6	0,001—0,13	70	0,1—1,6	24,37	КрАЗ-257

Таблица 47. **Техническая характеристика автомобильных кранов с башенно-стреловым оборудованием**

Марка крана	Максимальная грузоподъемность, т	Высота башни, м	Длина маневровой стрелы, м	Скорость подъема груза, м/с	Частота вращения платформы, об/мин	Высота подъема крюка, м	Вылет крюка, м	Масса, т
КС-1562АБС	2,5	7,5	7,0	0,009—0,31	0,08—2,5	15—12	3,2—7	7,7
КС-2561АБС	4	7,7	8,8	0,076—0,29	0,3 —1	15—9,6	4—9	9,1
КС-3562АБС	4	12	9,5	0,013—0,21	0,15—2,58	22—16	4—10	14,1
КС-4561БС	6	13,5	10,2	0,047—0,18	0,12—1,9	24,8—17,5	4—10,5	22,5

Примечание. Передвижение кранов с грузом не допускается.

Таблица 48. **Техническая характеристика стреловых пневмоколесных кранов**

Марка крана	Грузоподъемность, т				Длина, м				Скорость			Частота вращения платформы, об/мин	Масса, т
	с опорами		без опор							передвижения, км/ч			
	стрелы	гуська	стрелы	гуська	основной стрелы	вставок*	стрелы со вставками	гуська	подъема груза, м/с	без груза	с грузом		
МКП-16	16	—	12—3	—	10	5/1; 8/1	15;18; 23	2,3	0,038—0,18	1,49—13,5	1,5—13,5	0,35—1,7	24,0
КС-4361 (К-161)	16—3,75	2—7	9—2,5	—	10	5/3	15;20	6	0—0,167	0,5—14,7	0,5—14,7	0,5—2,8	23,7
КС-4362 (К-166)	16—3,5	—	8,5—2,0	—	12,5	2,5/2; 5/1	17,5; 22,5	4	0,023—0,15	15	До 15	0,4—1,1	23,0
МКП-25	25,5	5—3,5	12,5—3,0	5—1,7	12,5	5/3	17,5; 22,5; 27,5	5	0,015—0,1	7,5	2	0,56	44,7
КС-5363 (К-255А)	25—3,5	—	14—2,0	—	15	5/3	20;25; 30	10	Не менее 0,1	16	1,7	0,1—1,2	14,0
КС-6362 (К-406)	40—6,4	—	20—3,3	—	15	5/2; 10/1	15;30; 35	8 и 12**	0,003—0,08	18	2	0,1—1	48,0
МКП-40	40—6,5	7,5—5,1	11—0,9	7,5—0,9	15	5/3; 10/1	20;25; 30;35	6	0,01; 0,031	25	1—4	0,5	45,2
К-631	63—5	—	30—4,25	—	15	4,5/2; 7,2	24;31; 38	—	0,008—0,08	14	0,8—1,8	0,1—1	69,0
К-1001	100—12	—	45—8,5	—	15	10/3	25 35; 45	—	0,005—0,05	12	0,8	0,04—0,8	97,8

* В знаменателе показано количество вставок.
** Только на стрелах длиной 25, 30, 35 м.

Таблица 49. **Техническая характеристика пневмоколесных кранов с башенно-стреловым оборудованием**

Марка крана	Максимальная грузоподъемность, т	Высота башни, м	Длина маневровой стрелы, м	Скорость		Частота вращения, об/мин	Масса, т
				подъема груза, м/с	передвижения, км/ч		
КС-4362	12,5	11,6;16,6	10	0,08—0,2	15	0,4—1,1	23
КС-5363	5,5	20;25;30	10	0,05—0,4	1,7	0,1—1,2	33
КС-6362	7,5	25;30;35	16;20	0,026—0,67	2	0,1—1	51,5
К-631	12	24;31;38	10;15;20	0,025—0,25	1	0,1—1	75
КС-8362	100	20;40;55	30	0,03—0,3	14	0,1—1	96

ГУСЕНИЧНЫЕ КРАНЫ

Таблица 50. **Техническая характеристика гусеничных стреловых кранов**

Марка крана	Грузоподъемность, т	Вылет крюка, м		Наибольшая высота подъема крюка, м		Скорость		Частота вращения платформы, об/мин	Габаритные размеры, м			Масса, т	Длина, м, и количество вставок, шт.
		стрелы	гуська	стрелы	гуська	подъема груза, м/с	передвижения, км/ч		длина	ширина	высота		
МКГ-6,3	6,3	4—10	—	10	—	0,067—0,35	1,0	0,43—2,14	4,9	3,0	3,5	15,9	8/1
МКГ-10А	10	4—10	—	10	—	0,05—0,28	0,87	0,3—1,7	5,4	3,1	3,5	23,1	8/1
МКГ-16М	16	4—10	—	10,5	—	0,038—0,18	0,93	0,35—1,7	6,0	3,2	3,4	25,5	5/1 и 8/1
МКГ-25	25	3,8—12	4,5—12,5	12	12	0,015—0,10	0,75	0,56	6,1	3,2	3,7	39,0	5/2
МКГ-25БР	25	2,5—13	2,5—12,0	12,5	13,5	0,006—0,12	0,846	0,3—1	6,7	3,2	3,9	38,8	10/1

Марка крана	Грузоподъемность, т	Вылет крюка, м		Наибольшая высота подъема крюка, м		Скорость		Частота вращения платформы, об/мин	Габаритные размеры, м			Масса, т	Длина, м, и количество вставок, шт.
		стрелы	гуська	стрелы	гуська	подъема груза, м/с	передвижения, км/ч		длина	ширина	высота		
ДЭК-251	25	4,75—14	9,9—18,5	13,5	15,8	0,08—0,17	1,0	0,3—1	6,6	4,3	4,3	36,1	5/2 и 8/1
СКГ-40	40	4,5—14	8,2—19,5	14,2	18	0,075—0,011	0,8	0,45	6,4	4,1	4,1	57,6	5/2 и 10/2
СКГ-63А	63	4,5—14	9,5—23	15	22	0,01—0,07	0,7	0,27	7,6	5,0	4,3	88,7	5/2 и 10/2
СКГ-100	100	5—18	10—27	19,6	27	0,08—0,06	0,43	0,25	9,5	6,3	4,6	132,5	10/2
МКГ-100	100	4,6—22,2	5,7—23,3	20	21	0,005—0,05	0,5	0,5	11,0	7,6	4,2	131,5	10/2
СКГ-160	160	7—26,6	196—35,5	30	30	0,004—0,05	0,48	0,22	12,4	7,0	4,2	206,0	10/2

Таблица 51. **Техническая характеристика гусеничных кранов с башенно-стреловым оборудованием**

Марка крана	Максимальная грузоподъемность, т	Высота башни, м	Длина маневровой стрелы, м	Скорость		Частота вращения платформы, об/мин	Масса, т
				подъема груза, м/с	передвижения, км/ч		
МКГ-25БР	20	18,5;23,5;28,5	10;15;20	0,06—0,12	0,864	1—0,3	41,2
СКГ-40АБС	18	25;30	10,7;16;21;26	0,09—0,15	1	0,3	66,4
СКГ-63АБС	25	25,5;30,5;35,57	16,4;18;23,9;29	0,046—0,33	0,7	0,27	94,7
СКГ-100БС	25	35;45	18,9;23,9;28,9; 19,73;24,43;29,13	0,03—0,22	0,48	0,25	157,5
МКГ-100БС	40	31;41;51	16;30	0,02—0,125	0,5	0,5	131,5
СКГ-160БС	50	45	40	0,011—0,15	0,48	0,22	227,3

Примечание. Масса приводится для оборудования со средней длиной стрелы.

Таблица 52. Техническая характеристика стреловых кранов на рельсовом ходу на базе крана СКГ-160

Марка крана	Исполнение	Грузоподъемность, т		Вылет крюка, м		Высота подъема крюка, м		Скорость подъема груза, м/с	Частота вращения, об/мин	Масса, т
		стрелы	гуська	стрелы	гуська	стрелы	гуська			
СКР-1500	I	60	2,5	28—25	30—33	46,5—42	48—44,2	0,109—0,008	0,24	388,2
	II	50—18,2	5	18,5—41	24,7—48,8	86,7—62,8	98,9—62,2	0,148—0,014	0,24	304,5
	III	40—27,3	5	20—32	27—40	84,8—69,5	90—70	0,148—0,014	0,24	304,5
	IV	100—75	2,5	15—20	22—27,5	51—47	57—51	0,07—0,005	0,24	325
СКР-2200	I	Нет сведений						0,083—0,006		352
	II	То же						0,21—0,016	0,2	374
	III	75—22	8,5	18—44	22—49	98,6—73,2	103,3—73,5	0,073—0,005	0,2	400

Примечание. Скорость передвижения кранов составляет 11,9 м/мин.

БАШЕННЫЕ КРАНЫ

Таблица 53. Техническая характеристика башенных кранов

Марка крана	Грузовой момент, кН·м	Грузоподъемность, т	Вылет стрелы, м	Высота подъема крюка, м	Скорость, м/мин			Частота вращения, платформы, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, т
					подъема (опускания) груза	плавной посадки	передвижения			
КБ-307А	980	5	10—20	33—21	26	4	30,6	0,7	40	29,8
КБ-30ГС	980	5	10—20	33—21	26	4	30,6	0,7	40	30,5
КБ-302А	980	5	10—20	33—21	26	5	28	0,7	40	27
БКСМ-5-5А	1107,4	5	4,5—22	39—21,5	20	—	32	0,6	—	41

Марка крана	Грузовой момент, кН·м	Грузоподъемность, т	Вылет стрелы, м	Высота подъема крюка, м	Скорость, м/мин			Частота вращения, платформы, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, т
					подъема (опускания) груза	плавной посадки	передвижения			
БКСМ-7-5	1411,2	7—5	4,5—22	39—21,5	20	—	32	0,6	—	45
КБ-306А	980	4—8	12,5—25	53—40,6	13,5—27	2,5—5	17,9	0,7	49,5	35,8
КБ-100,3	980	4—8	12,5—25	48—33	13,5—27	2,5—5	28	0,7	41,5	32
КБ-401А	1225—1568	5—8	13—25	60,6—46,1	22	5	18	0,6	58	46,5
КБ-401Б	1225	5—8	13—25	60,6—46,1	22/38	25,5	18	0,6	58,6	46,8
КБ-402Б	490	2—8	13—25	66,5—59,5	45	10	17,9	0,6	58	49,5
КБ-403	1568	8	30	51,5	40;58	5	18	0,6	85	49
КБ-405-1	1764	10—7,5	13,18;25	57,8—46	22,5	5	17,9	0,6	58	50
КБ-405-2	1323—1568	4,5—8	15—30	53—70	22,5	5	17,9	0,6	58	50
МСК-10-20	1715—1960	10;7,5—5	10;14—20;25	51,4—37,4	20	5	18	0,5	54	65
КБК-250	2450	10;8,5	24—40	77—63	24	5	12	0,5	61	64
МСК-250	2450	16—8	8,5—22	35—27	22	—	15	0,4	60	59
КБ-530	2744	10;7,5	7,5—35	67—53	24	—	14	0,6	60	72
КБ-674	3920	25	13—25	66,5—59,5	45	10	17,9	0,6	58	49,5
КБ-674-4-1	2940	25	4—35	70	25,8—52	—	12,8	0,06	116,2	126
БК-300	2940	25—8	9—30	72	22,5	—	16,7	0,25	105	112
БК-900	8820	50—16	12—40	80	16	—	10,8	0,17	176	198
БК-1000А	9800	50—16	12,5—45	88,5	14	—	10,8	0,22	182	216
БК-1425	13916	75—25	13—52	96	14	—	12,2	0,19	196	370
КП-10	1960—1764	10—5	4,5—36	150	20	5	—	0,27	32	97
КП-16	3136—2940	16—8	3,8—37	120	20	5	—	0,27	37	89
КБ-573	1568	4—10	2,5—40	150	20—40	5	—	0,6	75,5	113,7
КБ-765-0-1	2940	25	3,5—50	114	35—100	1,5	—	0,8—0,48	139	133

Примечания: 1. Краны КП-10, КП-16, КБ-573 и КБ-765-0-1 — приставные.
2. Краны КБ-674-4-1 и КБ-765-0-1 с телерадиопрограммным управлением.

Таблица 54. **Техническая характеристика кранов для монтажа решетчатых мачт**

Наименование показателей	Единица измерения	Краны с постоянным вылетом				Краны с переменным вылетом			
		ПКР-2	ПКР-4	ПКР-5	ПКР-7	ПК-5/4	СПК-5	СПК-8	СПК-12
Грузоподъемность крана	т	2	4	5	7	5	5	5	12
Тяговое усилие лебедки при подъеме:	кН								
груза	„	29,4	29,4	49	49	49	49	49	49
стрелы	„	—	—	—	—	29,4	49	49	49
крана	„	29,4	29,4	49	49	29,4	29,4	49	49
Масса крана (без лебедки)	кг	4020	5160	7700	7730	10135	8820	17650	22610
В том числе:									
металлоконструкции	„	3000	4030	4030	4770	8100	5280	10600	13430
механизмы	„	170	290	1600	2050	905	950	1480	2330
канаты	„	850	840	2060	910	1130	2590	5560	6850
Нагрузка на одну опору крана:									
вертикальная	кН	49	85,26	83,3	107,8	93,1	80,36	161,7	205,8
горизонтальная	„	9,8	9,8	9,8	14,7	19,6	16,66	46,06	87,22

Таблица 55. **Техническая характеристика кранов для монтажа трубчатых мачт**

Наименование показателей	Единица измерения	ПКТ-5	ПКТ-5в	ПКТ-6	ПКТ-8
Грузоподъемность крана	т	49	49	58,8	78,4
Тяговое усилие лебедки:					
подъема груза	кН	29,4	29,4	49	49
» стрелы	„	29,4	29,4	49	49
» крана	„	49	49	49	49
Нагрузка на одну опору крана:					
вертикальная	„	85,26	88,2	132,3	160,72
горизонтальная	„	29,4	29,4	125,44	43,12
Масса крана (без лебедки)	кг	6800	7300	10 213	15 900
В том числе:					
металлоконструкции	„	4500	5000	5766	8700
механизмы	„	700	700	912	1700
канаты	„	1600	1600	3350	5200

Таблица 56. **Техническая характеристика универсальных подвесных кранов**

Наименование показателей	Единица измерения	УПК-2,5	УПК-4
Грузоподъемность крана	т	2,5	4
Вылет стрелы:			
максимальный	м	11,37	11,5
минимальный	»	1,25	1,5
Тяговое усилие лебедки:			
подъема груза	кН	29,4	49
» стрелы	»	29,4	49
» крана	»	49	49
Масса крана (без лебедок)	кг	17 010	29 610
В том числе:			
металлоконструкции	»	10 770	15 390
механизмы	»	940	1200
канаты	»	1770	2220
элементы крепления крана	»	1050	7090
противовес	»	2480	3700

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТЯГАЧИ

Таблица 57. **Технические характеристики автомобильных тягачей**

Наименование показателей	Единица измерения	„Урал"-377С	МАЗ-509
Допускаемая нагрузка на седельное устройство	кН	55	55
Максимальная скорость	км/ч	75	60
База	мм	4200	3950
Наименьший радиус поворота	м	10,8	11,5
Преодолеваемый угол подъема пути	град	27	15
Тормозной путь со скорости 40 км/ч	м	12	21
Полная масса буксируемого прицепа	т	15000	14500
Габаритные размеры:			
длина	мм	6990	6770
ширина	»	2500	2500
высота	»	2620	2900
Масса	кг	7500	8800
Марка базового автомобиля	—	„Урал"-375	МАЗ-502

КОМПРЕССОРЫ

Таблица 58. **Техническая характеристика**

Марка или тип станции	Подача, м³/с	Рабочее давление, МПа	Привод
ЗИФ-51	0,077	0,7	Электродвигатель АК-82-6
ЗИФ-55	0,08	0,7	Двигатель ЗИЛ-157
ПКС-5	0,08	0,7	Двигатель КАЗ-120
ЭК-9М	0,14	0,6	Электродвигатель А2-92-6
ПК-10	0,17	0,7	Двигатель Д-108
ДК-9М	0,166	0,6	То же
АПКС-6 (самоходная)	0,11	0,7	Автомобиль ЗИЛ-130
О-16Б	0,008	0,4	Электродвигатель АОЛ-2-32-4
О-38Б	0,008	0,7	Электродвигатель АО-2-41-4

Таблица 59. **Техническая характеристика трубоукладчиков**

Наименование показателей	Единица измерения	ТО-510	ТЛ-4	ТЛ-1530	ТО-2040	ТО-2050	ТО-3560
Длина стрелы	м	4,97	4,9	5,89	5,89	6	6,3
Грузоподъемность при контргрузе:							
придвинутом	т	1,6—4,2	3—10	—	—	—	—
отодвинутом	„	2—5	4—10	6—15	8—20	10—25	До 35
Вылет крюка	м	3,5—1,4	4,5—1	5,5—1	5—1	5—3	До 5,5
Высота подъема крюка	„	3,3—4,3	1,5—4,3	1,22—4,5	1,2—4,5	3,2—5,2	— 5,2
Скорость подъема груза	м/мин	5,6	3,1—8	4,8—15,3	4,8—15,3	8—15	8—15
Скорость передвижения	км/ч	2,14—10	До 5	1,8—6,2	1,8—6,2	2,2—7,8	2,2—7,8

для транспортирования строительных машин и грузов

МАЗ-504Б	КрАЗ-255В	КрАЗ-255Л	КрАЗ-258	КамАЗ-5410
75	80		120	8
70	62	40	68	85
3400	4600+1400		4780	2840+1320
7,5	13		10,5	8,5
15	20		15	20
21	21	18	25	20
17500	18000	19100	30000	11300
6280	7685	8130	7375	6140
2500	2750	3000	2630	2480
2640	2940	3370	2620	2630
6225	10600	12390	9790	6450
МАЗ-504	КрАЗ-255	КрАЗ-255В	КрАЗ-221	КамАЗ-5320

передвижных компрессорных станций

Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Максимальная скорость передвижения, км/ч
	длина	ширина	высота		
38—45	3700	1820	1715	2306	40
50	4410	1890	1770	2750	30
90	4985	1870	2020	2650	20
75	4170	1850	2050	4000	25
100	4700	1890	2610	5100	30
100	5700	1850	2550	5200	25
—	6720	2385	2175	5600	—
3	1230	485	805	140	—
4	1230	485	805	170	—

Таблица 60. **Технико-экономическая характеристика вертолетов, применяемых для монтажных работ**

Наименование показателей	Единица измерения	Ка-26	Ми-8	Ми-6	Ми-10К
Максимальная грузоподъемность	т	0,9	2,5	6,0	8,5
Максимальная дальность полета	км	650	600	1000	650
Продолжительность полета	ч	3,3	2,1	5	3,5
Скорость полета на высоте 500 м	км/ч	110	120	130—140	130
Диаметр несущего винта	м	13	21,3	35	35
Общая длина	„	7,7	25,2	49,02	41,9
Габаритные размеры грузовой кабины:	„				
длина		1,8	5,3	11,8	13,9
ширина		1,3	2,3	2,6	2,4
высота		1,4	1,8	2,6	2,2
Масса без груза	т	2,18	6,8	27,2	25,0
Тариф за 1 ч летный:					
монтажные работы	руб.	280	1000	2200	2200
перелет до места монтажа и обратно по группам:					
I	руб.	135	530	1100	1100
II	„	160	590	1300	1300
III	„	190	650	1660	1660
Месячные нормы гарантийного налета:					
май — октябрь	ч	—	60	50	50
остальные месяцы	„	—	40	40	40

Примечания: Группа I — европейская часть СССР (без районов по группе II), Кавказ, Средняя Азия; группа II — Карельская АССР, Коми АССР, Удмуртская АССР, Урал, Сибирь, Дальний Восток, Архангельская, Вологодская, Мурманская и Кировская области; группа III — Якутская АССР, Красноярский, Хабаровский край (севернее 64 и 56° с. ш.), Камчатская, Магаданская, Сахалинская области, Ямал-Ненецкий национальный округ.

2. На вертолете Ми-10К зона визуального обзора летчика (из выносной кабины) находится со стороны груза на внешней подвеске и месте монтажа; на остальных вертолетах — с противоположной стороны.

ТАКЕЛАЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

СТРОПЫ

Стропы, изготавливаемые из стальных канатов, предназначены для захвата груза и подвески его на крюк или петлю грузоподъемного механизма. Сечение стропов подбирают по допускаемому усилию для каната с учетом нормативного запаса прочности, количества ветвей стропа и угла их наклона к направлению действия нагрузки (табл. 61). Для обеспечения прочности стропов принимают

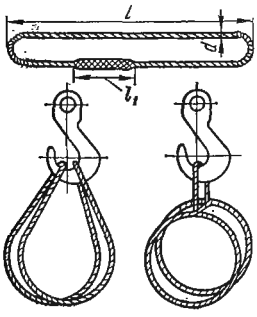
Таблица 61. **Грузоподъемность одной ветви стропа, т**

Диаметр каната, мм	Коэффициент запаса прочности 8				Коэффициент запаса прочности 6			
	Угол наклона стропа к вертикали, °							
	0	30	45	60	0	30	45	60
11,0	0,6	0,5	0,4	0,3	0,9	0,8	0,6	0,4
13,0	0,9	0,8	0,6	0,4	1,25	1,1	0,7	0,6
15,5	1,3	1,1	0,9	0,6	1,7	1,5	1,2	0,8
17,5	1,7	1,5	1,2	0,8	2,3	2,0	1,6	1,1
19,5	2,1	1,8	1,5	1,0	2,8	2,4	2,0	1,4
22,5	2,7	2,3	1,9	1,3	3,5	3,0	2,5	1,8
24,0	3,2	2,8	2,3	1,6	4,3	3,7	3,0	2,1
26,0	3,9	3,4	2,8	2,0	5,1	4,4	3,6	2,5
28,5	4,5	3,9	3,3	2,2	6,0	5,2	4,3	3,0
30,5	5,2	4,5	3,7	2,6	7,0	6,1	5,0	3,5
32,5	6,0	5,2	4,3	3,0	7,0	7,0	5,7	4,0
35,5	6,9	6,0	4,9	3,5	9,1	7,9	6,5	4,5
37,0	7,7	6,7	5,5	3,8	10,3	9,0	7,3	5,1

Примечание. Предел прочности каната на растяжение 1470 МПа.

следующие коэффициенты запаса прочности к разрывному усилию каната: для стропов, огибающих груз массой до 50 т — 8, более 50—6; для канатных стропов, к которым груз подвешивается при помощи крюков, серег, карабинов других приспособлений (без огибания груза канатом),— 6.

Таблица 62. **Техническая характеристика универсального стропа**

Эскиз	Диаметр каната d, мм	Длина, м		
		сращивания l_1	стропа	каната
	19,0	0,8	8	16,8
	19,0	0,8	10	20,8
	22,5	0,9	8	16,9
	22,5	0,9	12	24,9
	24,5	1,0	8	17,0
	24,5	1,0	12	25,0
	30,0	1,25	10	21,3
	30,0	1,25	15	31,5

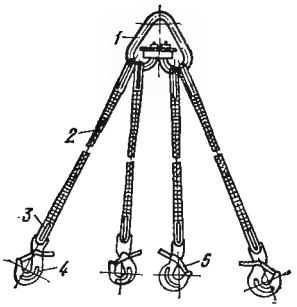


Рис. 1. Строп четырехветвевой:

1 — подвеска; *2* — строповой канат; *3* — коуш; *4* — захватной крюк; *5* — замок,

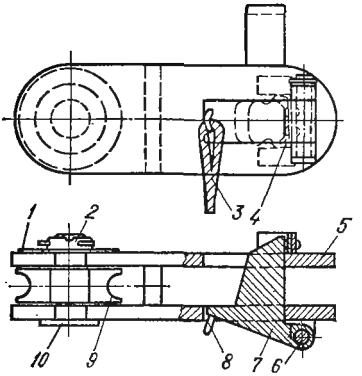


Рис. 2. Приспособление для строповки к полуавтоматическому стропу конструкции треста Востокметаллургмонтаж:

1 — маркировочная шайба; *2* — гайка; *3* — пеньковый канат; *4* — пружина; *5* — корпус; *6, 10* — оси; *7* — шарнирный якорь; *8* — ушко; *9* — ролик.

При строповке груза одной ветвью строп растягивается силой, равной массе груза. При строповке двумя и более ветвями усилие S в каждой ветви определяется по формуле

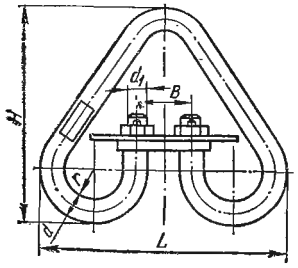
$$S = \frac{Q}{m} \frac{1}{\cos \alpha},$$

где Q — масса поднимаемого груза, кг; m — количество ветвей, шт.; α — угол наклона ветви стропа к вертикали, °.

Универсальный строп (табл. 62) имеет форму петли длиной $l = 8 \div 15$ м и изготавливается из стальных канатов диаметром $19 \div 30$ мм. Концы каната соединены сплеткой на длину, равную 40 диаметрам, при помощи шести сжимов при диаметре каната до 28 и семи при диаметре более 28 мм.

Таблица 63. **Техническая характеристика подвески (МН 5794-65)**

Эскиз	Номер подвески	Грузоподъемность, т	Размеры, мм						Масса, кг
			d	d_1	B	H	L	r	
	4	0,4	16	M12	36	150	172	22	0,84
	6,3	0,63	20	M16	42	180	202	25	1,81
	10	1,0	24	M20	56	225	248	30	3,82
	16	1,6	28	M24	64	225	284	34	5,02
	25	2,5	32	M24	75	316	349	42	6,26
	40	4,0	42	M30	86	380	428	54	15,73
	63	6,3	50	M36	105	440	495	60	26,52
	100	10	60	M42	130	525	590	70	43,55



В цепных стропах на концах закрепляют концевые звенья, крюки или такелажные скобы. Изготавливают одно-, двух- и многоветвевые стропы грузоподъемностью 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16 и 20 т.

Облегченный канатный строп изготавливают из канатов диаметром 13÷30 мм. На его концах закрепляют крюки или петли с коушами. Двухветвевые канатные стропы изготавливаются грузоподъемностью 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 и 10 т, а четырехветвевые (рис. 1) — грузоподъемностью 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 и 10 т. Они оснащены подвесками (табл. 63), карабинами или крюками.

Полуавтоматический строп конструкции треста Востокметаллургмонтаж состоит из двухветвевого стропа, приспособления и пенькового каната. В корпусе приспособления (рис. 2) с одной стороны установлены оси с роликом, а с другой, на оси — шарнирный якорь с ушком и вспомогательным пеньковым канатом. В нерабочем состоянии якорь удерживается пружиной. На оси под гайкой установлена маркировочная шайба с обозначением регистрационного номера, завода-изготовителя, грузоподъемности и др.

После подъема и закрепления груза движением крюка вниз ослабляют натяжение стропов и с помощью пеньковых канатов поворачивают якорь приспособления, преодолевая сопротивление пружин. При этом развязываются мертвые петли и подъемом крюка груз окончательно освобождается от стропов.

ЗАХВАТЫ

Полуавтоматический захват (рис. 3) используют как в гибких, так и в жестких стропах, им можно быстро застропить и расстропить груз, не поднимаясь к месту строповки.

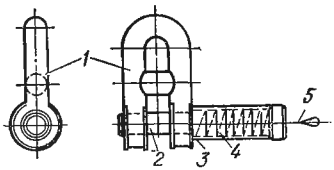


Рис. 3. Захват к полуавтоматическому стропу:

1 — скоба замка; *2* — запорный штырь; *3* — обойма спиральной пружины; *4* — спиральная пружина; *5* — шнур для расстроповки.

Захват оснащен замком, представляющим собой скобу, изготовленную из круглой стали с вваренной в нее распоркой. На обоих концах скобы имеются проушины для запорного штыря. К одной проушине прикреплена обойма со спиральной пружиной. Для расстроповки полуавтоматического захвата достаточно натянуть тяговый шнур.

Таблица 64. **Захваты для монтажа металлических балок**

Эскиз	Грузоподъемность, т	Размеры, мм					Масса, кг
		B	B_1	B_2	H	S	
	2,5	490	310	40	450	32	25
	4	775	535	235	580	38	52
	6,3	1000	750	450	845	48	117
	10	1150	900	600	825	80	207
	16	1220	900	600	960	80	286
	20	1300	900	600	1090	90	350

Полуавтоматический захват конструкции А. В. Загребельного (рис. 4) включает в себя обойму, специальный крюк, установленный в обойме на пальце, подпружиненную рукоять с фиксатором и направляющий стержень с вилкой.

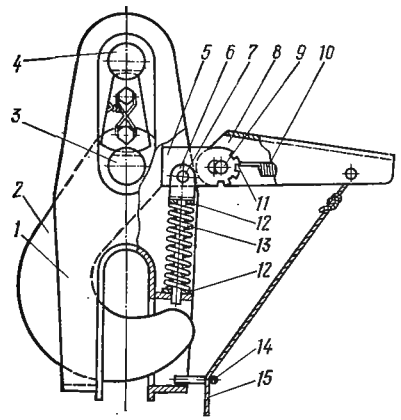


Рис. 4. Полуавтоматический строповочный захват конструкции А. В. Загребельного:

1 — обойма; *2* — крюк; *3, 4* — пальцы; *5* — рычаг; *6* — вилка; *7, 9* — оси; *8* — рукоять; *10, 13* — пружины соответственно растяжения и распорная; *11* — фиксатор; *12* — тарелка; *14* — скоба; *15* — расстроповочный шнур.

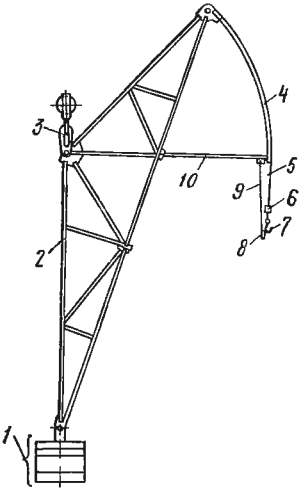


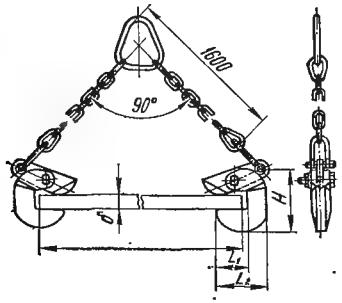
Рис. 5. Балансирная траверса конструкции А. В. Загребельного:

1 — противовес; *2* — рама; *3* — серьга; *4* — элемент сектора; *5* — гибкая подвеска; *6* — зажим; *7* — крюк; *8* — груз вспомогательного троса; *9* — вспомогательный трос; *10* — радиальная распорка.

Рукоять может поворачиваться на рычаге вокруг оси на 135°, при этом фиксатор закрепляет ее положение.

Зев крюка перекрывается рогом и под действием пружины постоянно замкнут. Крюк раскрывается поворотом рукоятки рукой или натяжением расстропо-

Таблица 65. Захват для листовых элементов

Эскиз	Грузоподъемность, т	Размеры, мм					Масса, кг
		δ	L	L_1	L_2	H	
	1	10÷20		115	175	150	15,2
	1,6	10÷40	До 2000	135	205	190	27,4
	2,5	15÷60		140	225	250	41,4
	4	45÷110		200	310	340	70,0

вочного шнура. Грузоподъемность захвата 3 т, габаритные размеры 70×200×320 мм, масса 7,5 кг. Серийно выпускается Днепропетровским заводом металлоконструкций № 2 Минмонтажспецстроя УССР.

Балансирная траверса (рис. 5) конструкции А. В. Загребельного предназначена для увеличения рабочей зоны стреловых кранов. При необходимости с помощью балансирной траверсы можно уменьшить вылет в подстреловом пространстве крана. Траверса состоит из треугольной пространственной фермы, с одной стороны снабженной противовесом, а с другой — сектором с огибающим тросом. В коньке фермы находится шарнирно закрепленная серьга для подвески на крюк крана.

Для монтажа металлических балок применяются специальные захваты (табл. 64), а для подъема и перемещения листовых конструкций захват, представленный в табл. 65.

МОНТАЖНЫЕ БЛОКИ

Монтажные блоки классифицируют по количеству роликов (однорольные и многорольные), назначению (отводные и полиспастовые), конструкции захватного органа (с серьгой и с крюком), а также по грузоподъемности.

Ролики для блоков изготавливают из стального литья марки 35Л и 25Л и серого чугуна марки СЧ 15-32 (ГОСТ 1412—79). Допускаемый диаметр ролика, огибаемого стальным канатом, определяется по формуле

$$D \geqslant d(e-1),$$

где D — диаметр ролика, измеряемый по дну ручья, мм; d — диаметр каната, мм; e — коэффициент, зависящий от типа грузоподъемной машины и режима ее работы (табл. 66).

Таблица 66. **Значения коэффициента e**

Грузоподъемные машины		Значение коэффициента
Тип	Привод и режим работы	
Всех типов, за исключением стреловых кранов, электроталей и лебедок	Ручной	18
	Машинный:	
	легкий	20
	средний	25
	тяжелый	30
	весьма тяжелый	35
Краны стреловые:		
механизм подъема груза и стрелы	Ручной	16
	Машинный:	
	легкий	16
	средний	18
	тяжелый	20
	весьма тяжелый	25
механизм для монтажа кранов	Машинный	16
Лебедки для подъема:		
грузов	Ручной	12
	Машинный	20
людей	Ручной	16
	Машинный	25

Таблица 67. **Характеристика ручьев ролика**

Эскиз	Диаметр каната $d_к$, мм	Размеры, мм						
		B	B_1	h	r	r_1	h_1	S
	11	40	30	25	8,5	12	7	10
	13	40	30	25	8,5	12	7	10
	15,5	40	30	25	8,5	12	7	10
	19,5	55	40	30	12	17	10	15
	24	65	50	37,5	14,5	20	10	18
	28	80	60	45	17	25	12	20
	34,5	90	70	55	20	28	15	22
	39	110	85	65	25	40	18	22

Таблица 68. **Техническая характеристика роликов со втулками**

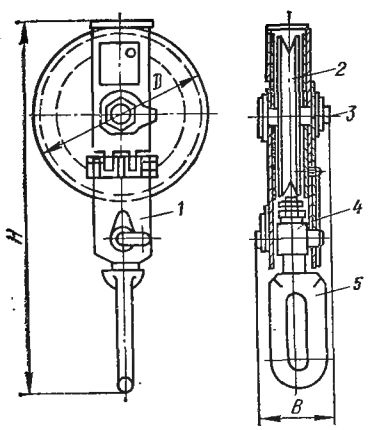
Эскиз	Диаметр каната, мм	Нагрузка на ролик, кН	Размеры, мм						Масса, кг
			D	D_1	d	B	B_1	r	
	15,5	19,6	150	200	25	40	45	8,5	3,1
	19,5	58,8	250	310	55	55	65	12	11,0
	24,0	98,0	300	375	70	65	70	14	17,5

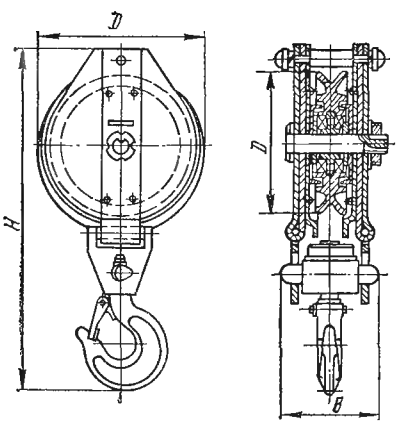
По наружному параметру ролики имеют ручей для троса (табл. 67).

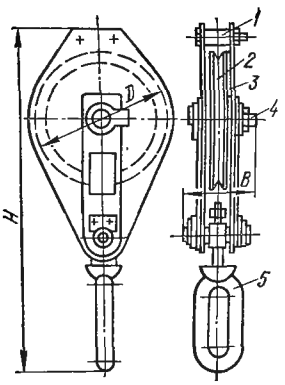
Для уменьшения трения между неподвижной осью и роликами устанавливают подшипники скольжения (бронзовые или чугунные втулки) (табл. 68) или качения (шарикоподшипники или роликовые подшипники) (табл. 69).

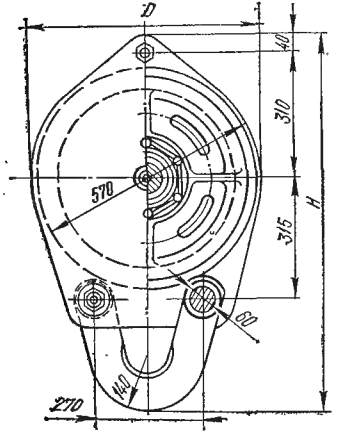
Техническая характеристика монтажных блоков приведена в табл. 70.

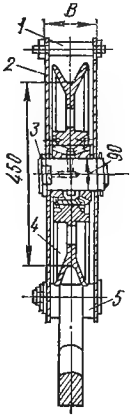
Крюки для блоков применяют по ГОСТ 6627—74 и ГОСТ 2105—75. Чалочные крюки с замками изготавливаются по нормам МН 5792—65.











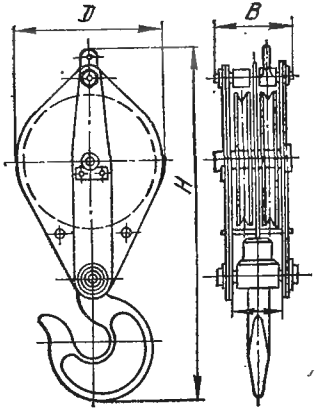


Рис. 6. Однорольный блок (МН 2778-61):
1 — тяга; *2* — ролик; *3* — ось; *4* — откидная щека; *5* — траверса с серьгой.

Рис. 7. Однорольный блок с крюком.

Рис. 8. Однорольный блок (МН 2779-61):
1 — стяжка со втулкой; *2* — ролик; *3* — щека; *4* — ось; *5* — траверса с серьгой.

Рис. 9. Однорольный отводной блок:
1 — стяжка; *2* — щека; *3* — ось; *4* — ролик; *5* — ось петли.

Рис. 10. Двухрольный блок.

Таблица 69. **Техническая характеристика**

Эскиз	Диаметр каната, мм	Нагрузка на ролик, кН
	15,5	29,4
	19,5	58,8
	24,0	98,0
	28,0	196,0

Таблица 70. **Техническая характеристика монтажных блоков**

Тип блока	Грузоподъемность, т	Диаметр ролика по дну ручья, мм	Диаметр каната, мм	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
				высота *H*	ширина *D*	толщина *B*	
Однорольный (МН 2778-61) (рис. 6)	1,25 2,5 5 10	120 160 200 300	10 13 15,5 19,5	343 453 595 810	150 206 260 375	90 107 120 142	5,5 12,5 22 49
Однорольный с крюком (рис. 7)	1,25 2,5 5 10	120 160 200 300	10 14 18 22	348 485 670 925	170 220 270 400	100 132 150 216	6,7 16,2 33,5 92,8
Однорольный (МН 2779-61) (рис. 8)	5 10	200 300	15,5 17,5	615 811	265 375	115 142	23 48
Однорольный (рис. 9)	25	450	32,5	940	600	150	166
Двухрольный (рис. 10)	3 5 10	250 250 400	17,5 17,5 24	756 835 1155	310 310 470	190 200 288	42 53 135
Трехрольный (рис. 11)	25	400	26	1331	560	360	330

роликов с шарикоподшипниками

Размеры, мм							Номер подшипника	Масса, кг
D	D_1	d	d_1	B	B_1	r		
200	250	45	50	40	68	8,5	210	8,5
300	360	70	80	55	80	12,0	216	15,0
400	475	80	90	65	84	14,5	12 218	42,6
450	540	100	110	80	140	17,0	322	86,0

Окончание табл. 70

Тип блока	Грузоподъемность, т	Диаметр ролика по дну ручья, мм	Диаметр каната, мм	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
				высота H	ширина D	толщина B	
Четырехрольный (МН 2782-61) (рис. 12)	32	300	24	985	340	350	205
Пятирольный (рис. 13)	50	350	28,5	980	450	480	324
Пятирольный БМ-100 (рис. 14)	100	700	28,5	1650	830	818	1605
Семирольный (рис. 15)	130	550	33	1650	700	940	2040

МОНТАЖНЫЕ МАЧТЫ

Металлические мачты используются для монтажа конструкций специальных сооружений, а также могут быть применены при такелажных работах. Обычно мачты применяют в тех случаях, когда грузоподъемность имеющихся кранов недостаточна.

Рабочее положение мачт — вертикальное или с наклоном 9—12°. В устойчивом положении мачты удерживаются четырьмя или тремя вантами, которые одним концом крепят к оголовку мачты, другим — к якорям.

Предварительное натяжение каждой ванты составляет 9,8÷29,4 кН, угол заложения вант к горизонту должен быть не более 45°. Чтобы груз при подъеме не задевал мачту, ось подвески грузового полиспаста устанавливают на определенном расстоянии от оси стойки мачты.

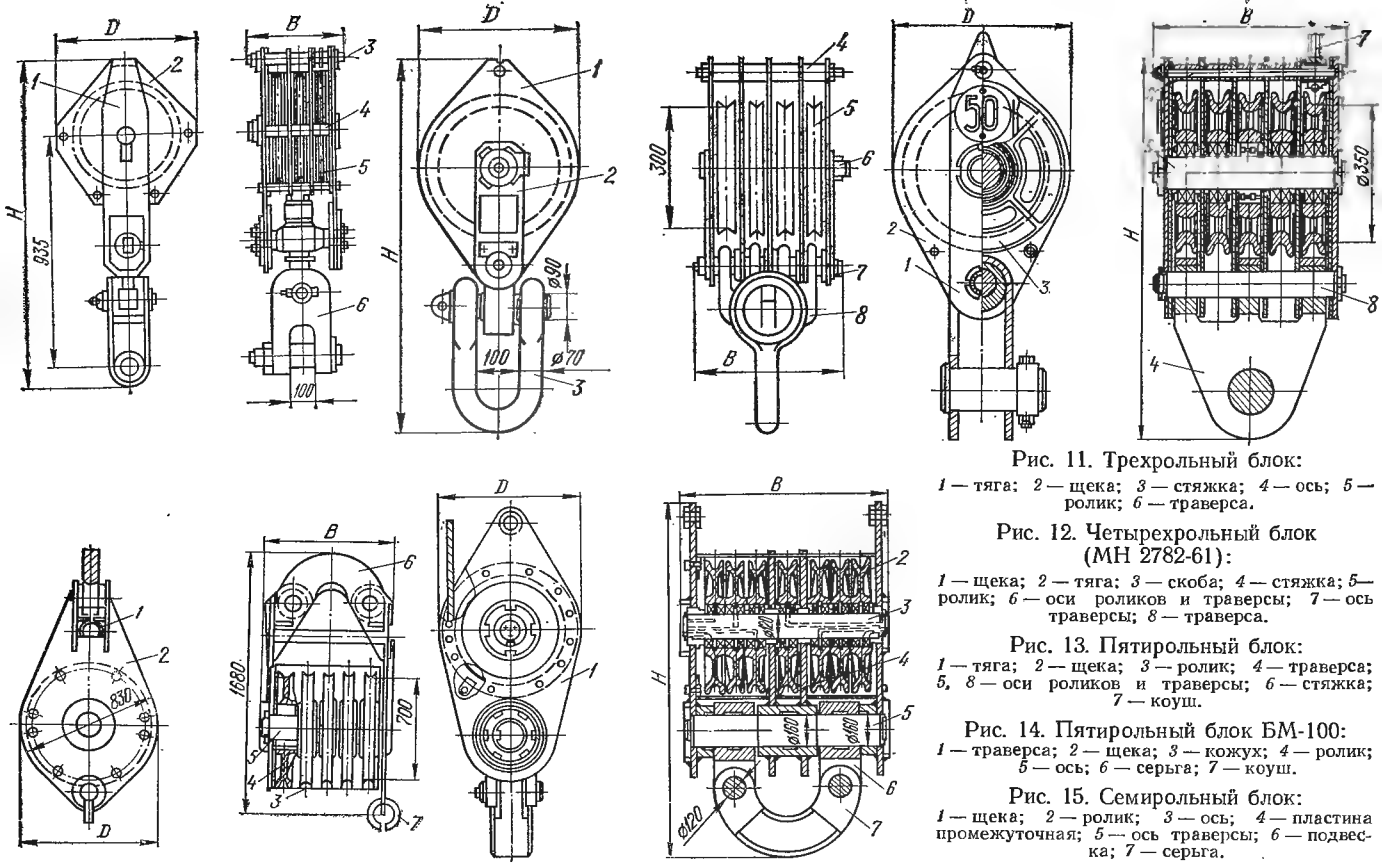


Рис. 11. Трехрольный блок:

1 — тяга; *2* — щека; *3* — стяжка; *4* — ось; *5* — ролик; *6* — траверса.

Рис. 12. Четырехрольный блок (МН 2782-61):

1 — щека; *2* — тяга; *3* — скоба; *4* — стяжка; *5* — ролик; *6* — оси роликов и траверсы; *7* — ось траверсы; *8* — траверса.

Рис. 13. Пятирольный блок:

1 — тяга; *2* — щека; *3* — ролик; *4* — траверса; *5*, *8* — оси роликов и траверсы; *6* — стяжка; *7* — коуш.

Рис. 14. Пятирольный блок БМ-100:

1 — траверса; *2* — щека; *3* — кожух; *4* — ролик; *5* — ось; *6* — серьга; *7* — коуш.

Рис. 15. Семирольный блок:

1 — щека; *2* — ролик; *3* — ось; *4* — пластина промежуточная; *5* — ось траверсы; *6* — подвеска; *7* — серьга.

Таблица 71. **Техническая характеристика монтажных мачт из стальных труб**

Грузоподъемность, т	Высота мачты, м				
	8	10	15	20	25
3	159/6	168/6	219/6	325/8	377/10
5	219/6	219/6	245/8	325/8	426/10
10	245/8	245/8	273/10	325/8	426/10
15	273/10	299/8	325/8	377/10	426/10
20	299/10	325/8	325/8	426/10	426/10

Примечания: 1. В числителе указан наружный диаметр трубы, в знаменателе — толщина стенки.
2. Предельная гибкость для трубчатых мачт равна 180.

Монтажные мачты применяют трубчатые или решетчатые.

Трубчатые мачты (рис. 16), изготавливаемые из бесшовных труб диаметром до 426 мм, применяют для подъема грузов до 20 т (табл. 71). Мачты состоят из трех узлов: опоры, стойки из трубы и оголовка.

Трубчатая мачта грузоподъемностью 70 т (рис. 17) (стойка мачты сигарообразная, полноповоротная) состоит из верхней, средней и нижней секций, изготовленных из трех труб (поясов) диаметром 273×10 мм и соединенных между собой распорками из труб диаметром 114×6 мм. Монтажные соединения секций фланцевые на болтах. К нижней секции стойки и к опорной части мачты приваривают шарнирное устройство для подъема мачты.

Решетчатая мачта грузоподъемностью 30 т (рис. 18) состоит из трех средних, верхней и нижней секций. На верхней секции смонтировано устройство для

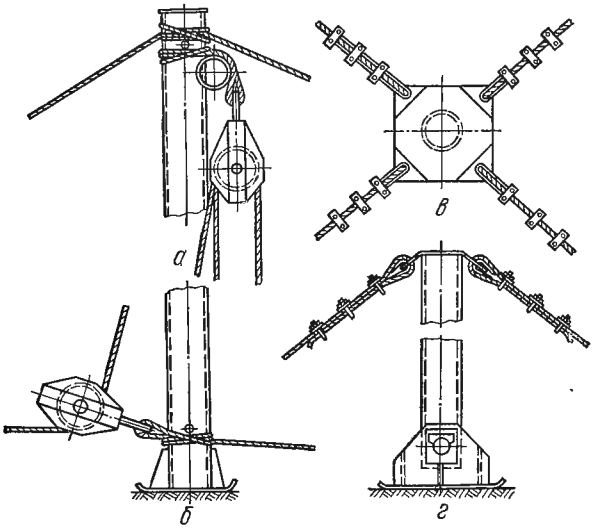


Рис. 16. Трубчатая мачта:
а — верхний узел; *б* — опорный узел; *в* — крепление вант к оголовнику мачты; *г* — шарнирная опора.

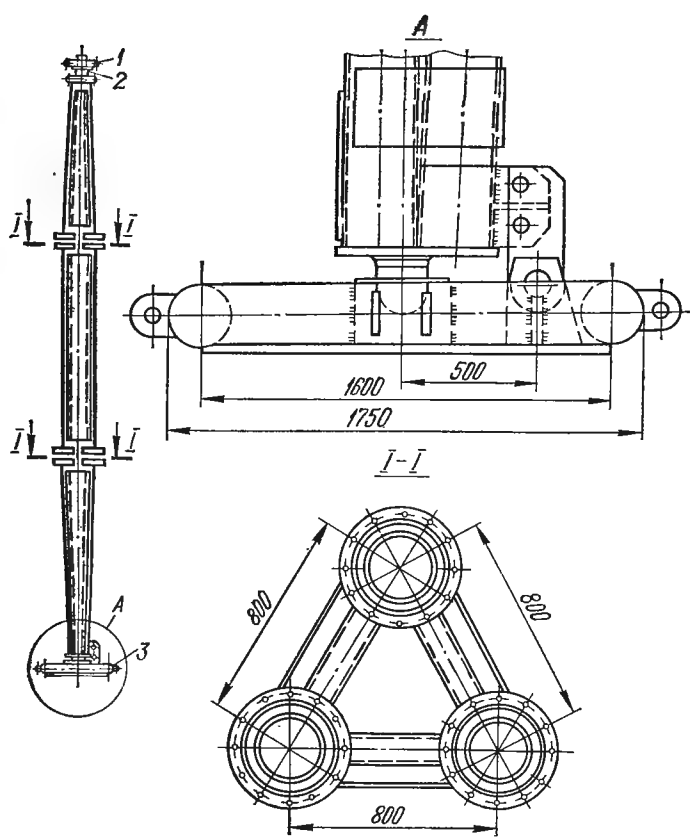


Рис. 17. Трубчатая мачта грузоподъемностью 70 т:
1 — оголовок; *2* — крепление полиспаста; *3* — опорная часть мачты.

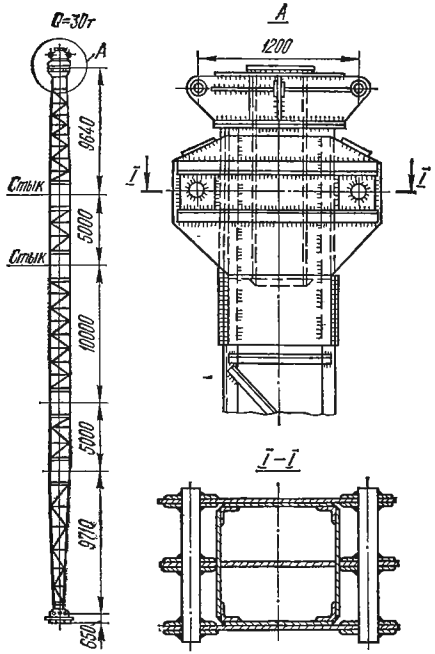


Рис. 18. Решетчатая мачта грузоподъемностью 30 т.

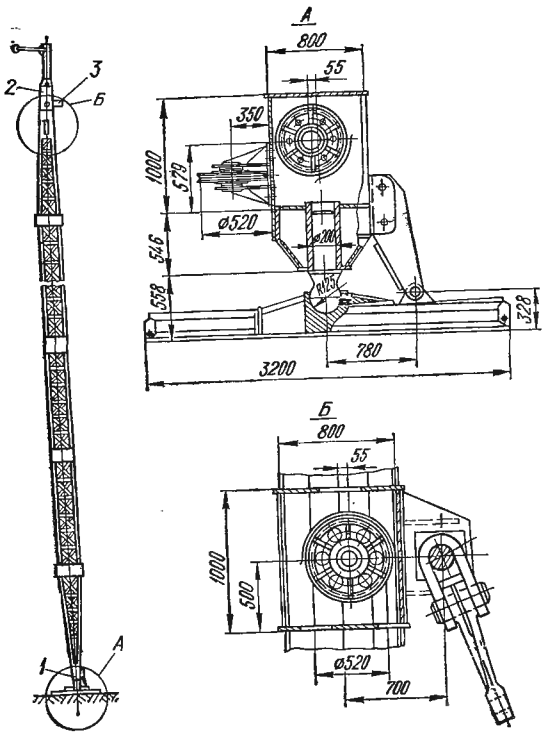


Рис. 19. Решетчатая мачта грузоподъемностью 100 т Таллинского машиностроительного завода:

1 — опорная часть; *2* — оголовок; *3* — привязка полиспаста.

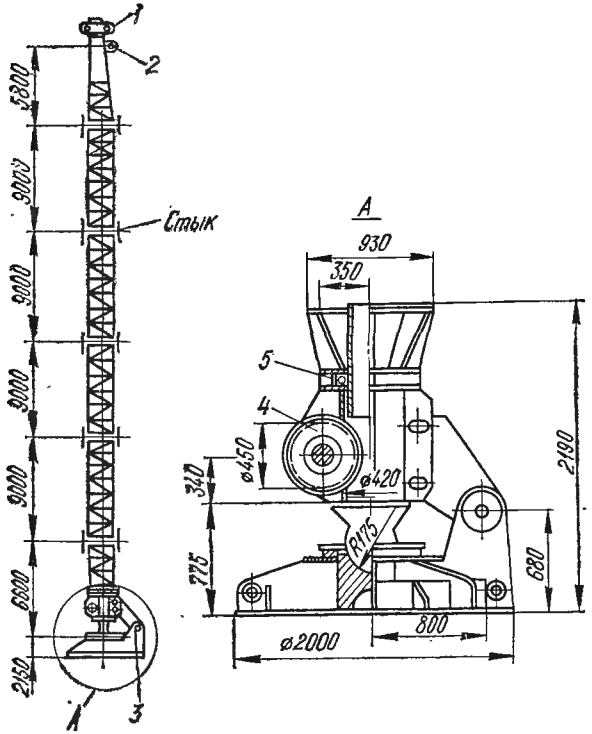


Рис. 20. Решетчатая мачта грузоподъемностью 130 т:

1 — оголовок; *2* — крепление полиспаста; *3* — опорная часть; *4* — откидной блок; *5* — опорный шарнирный подшипник.

подвески грузового полиспаста. В зависимости от количества средних секций грузоподъемность мачты можно увеличить от 30 до 42 т, уменьшая соответственно высоту мачты с 41 до 21 м.

Решетчатая мачта грузоподъемностью 100 т Таллинского машиностроительного завода (рис. 19) состоит из пирамидальных верхней и нижней секций и призматических четырех средних секций. Верхняя и нижняя секции имеют по два отводных блока для сбегающих ниток грузового полиспаста. Мачта оснащена краном-укосиной, лестницей, шарниром для подъема мачты в рабочее положение. Узел привязки полиспастового блока дает возможность использовать гибкую подвеску или жестко закрепить блок грузового полиспаста.

В опоре решетчатой мачты грузоподъемностью 130 т (рис. 20) имеется шариковый подшипник, а под ним отводной блок троса грузового полиспаста. Мачта полноповоротная.

Техническая характеристика монтажных мачт приведена в табл. 72.

Таблица 72. **Техническая характеристика монтажных мачт**

Мачта	Грузоподъемность, т	Высота мачты, м	Расстояние от оси крепления полиспаста до оси мачты, мм	Сечение секций в стыках, м	Размер опорной части (длина × ширина), м	Масса, т	Организация-калькодержатель
Трубчатая	50	35	270	Диаметр 0,82	1,7×1,7	8,4	Трест Нефтезаводмонтаж, Москва
	70	35	264	Треугольник со стороной 1,1	2,0×2,1	9,35	ВНИИМонтажспецстрой, Москва
Решетчатая	30	40	600	Квадрат со стороной 1	1,7×1,5	12,9	ГПИ Гипрометаллургмонтаж, Москва
	100	60,5	700	То же, 1,6	3,2×3,2	30,5	Таллинский машиностроительный завод, Таллин
	130	42	850	„ 1,4	2,0×2,0	20,2	ГПИ Гипрохиммонтаж, Москва

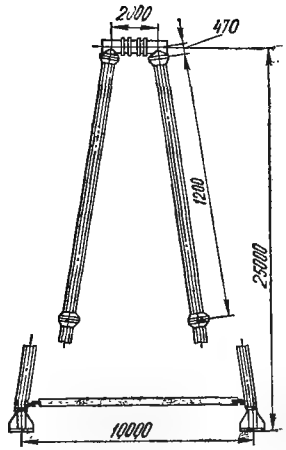
ШЕВРЫ

Шевры представляют собой А-образную раму, состоящую из двух мачт, верхние секции которых соединены в один оголовок (рис. 21). Применяют шевры вместо мачт в случаях, когда невозможно разместить поперечные ваиты.

Таблица 73. **Техническая характеристика шевров**

Наименование показателей	Единица измерения	Грузоподъемность, т				
		16	25	50	60	80
Высота	м	22	20,5	30	23	25,5
База	„	7	7	6,6	7	10
Масса	т	4,7	5,3	8,5	7,3	11,4

Рис. 21. Шевр грузоподъемностью 80 т.



Для изменения наклона шевра и удержания его в нужном положении применяют тяги и продольные ванты, которые одним концом крепят к оголовку шевра, а другой соединяют с лебедкой (табл. 73).

При помощи винтовых стяжек, удерживающих канаты, можно изменять угол наклона шевра. Устойчивость шевров может быть обеспечена противовесом, установленным на раме. Преимуществом шевров перед мачтами также является возможность более легкого их перемещения.

ЯКОРЯ

Якоря применяют для крепления лебедок, вант и полиспастов. Это неподвижные сооружения, способные воспринимать горизонтальные и вертикальные усилия. На монтаже специальных сооружений применяют якоря заглубленные (деревоземляные и бетонные), полузаглубленные и наземные (инвентарные) (табл. 74—76).

Для сооружения деревоземляных якорей требуется: заготовить деревянные и стальные детали, вырыть яму, установить детали, засыпать грунт в яму с плотной утрамбовкой его слоями высотой 200—300 мм и полить водой (рис. 22). Бетонные заглубленные якоря по устройству аналогичны деревоземляным якорям (рис. 23).

Винтовые якоря предназначаются для установки в грунтах с объемной массой не менее 1,6 т/м^3; в насыпном грунте установка их не допускается.

Таблица 74. **Техническая характеристика бетонных якорей**

Усилие якоря, кН	Размеры, м*						Объем, м^3		Масса тяги, кг
	B	b	b_1	h	h_1	d	земляных работ	бетона марки 100	
196	2,0	4	4,5	2,5	0,5	1,0	18,6	2,0	397
294	2,2	4	4,5	3,0	0,5	1,0	24,1	2,0	426
392	2,5	5	5,5	3,2	0,6	1,2	35,3	3,6	697
490	2,5	5	5,5	3,5	0,6	1,2	38,0	3,6	726
580	4,6	4,5	6,0	3,5	1,4	1,4	80,0	8,8	1200

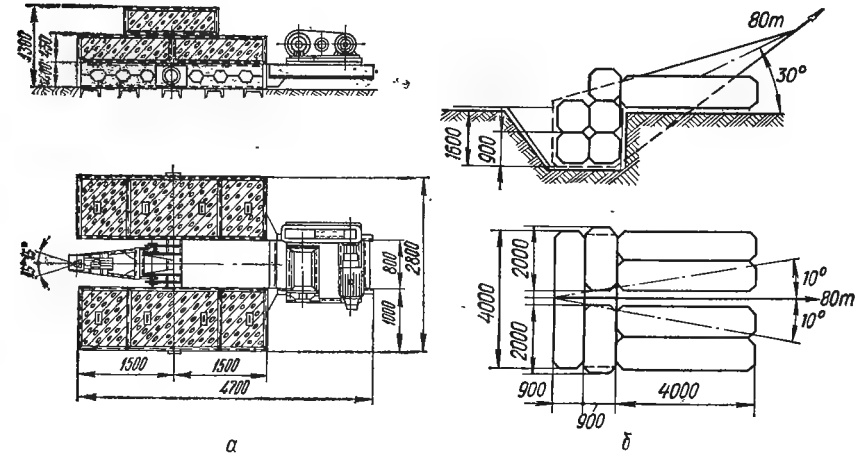
* См. рис. 23.

Таблица 75. **Техническая характеристика деревоземляных якорей**

Усилие якоря, кН	Исполнение	Размеры, м*				Объем лесоматериала, м³	Сечение и длина тяги, мм
		a	*h*	*b*	*l*		
29,4	*a*	1,5	1,35	2,5	2,0	0,34	1 № 10, *l*=1500
49,0	*a*	1,5	1,75	2,5	2,0	0,34	1 № 10, *l*=2000
73,5	*a*	1,6	1,65	3,0	2,5	0,6	1 № 10, *l*=2100
98	*a*	1,6	1,85	3,0	2,5	0,6	1 № 10, *l*=2100
112,7	*b*	2,4	2,4	3,5	3,0	1,0	1 № 10, *l*=2650
196	*b*	2,4	2,8	3,5	3,0	1,0	1 № 14, *l*=3250

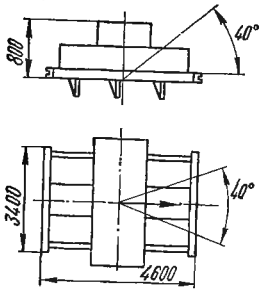
* См. рис. 22.

Таблица 76. **Техническая характеристика якорей [28]**



Тип якоря	Единица измерения	Наземные облегченные (*а*)									
Усилие на якоре	кН	49,0	98,0	156,8	196,0	245,0	313,0	392,0	490,0	98,0	147,0
Количество железобетонных блоков	шт.	6	12	22	24	28	42	48	50	3	3
Габаритные размеры:											
длина	мм	4700		5000			6500			4000	
ширина	"	2800		4200			5200			4000	
высота	"	1300		7400			2600			1800	
Масса: железобетонных блоков	т	9	18	33	36	42	63	72	87	22,5	22,5

Размеры деталей тяги, мм				Объем земляных работ, м³
Нижняя фасонка	Хомут	Верхние фасонки (2 шт.)	Штыри (3 шт.)	
300×300×10	100×6×2000	350×10×470	50×120	4,2
300×300×10	120×6×2000	350×10×470	50×120	5,6
300×300×10	120×6×2000	350×10×470	50×120	8,2
300×300×10	120×6×2000	350×10×470	50×120	10
300×300×10	150×6×2200	400×10×470	70×130	16
300×300×10	150×6×2200	400×10×470	70×130	18,8



б

Полузаглубленные (б)									Наземные на шипах (в)						
196,0 4	294,0 5	392,0 7	490,0 8	686,0 9	784,0 6+4 полу- блока	882,0 10	980,0 11	1078 11	98 2	196 3	294 4	392 6	588 8	784 12	980 16
4000 4000 2700			4000 5800 2500	4000 6400 2700	4000 5800 2700	4000 5800 3200	4000 6700 3200		3400 4600 800				6800 4600 800		
30	37,5	53,5	61,0	68,5	61,0	75,0	82,5	82,5	15	22,5	30	45	61	90	120

Тип якоря	Единица измерения	Наземные облегченные (а)									
рамы	т	1,166		1,656			3,198			—	—
якоря	„	12,21	21,21	36,41	40,41	46,41	66,2	78,53	93,52	22,5	22,5
Организация-разработчик		ГПИ Гипрохиммонтаж, Москва									

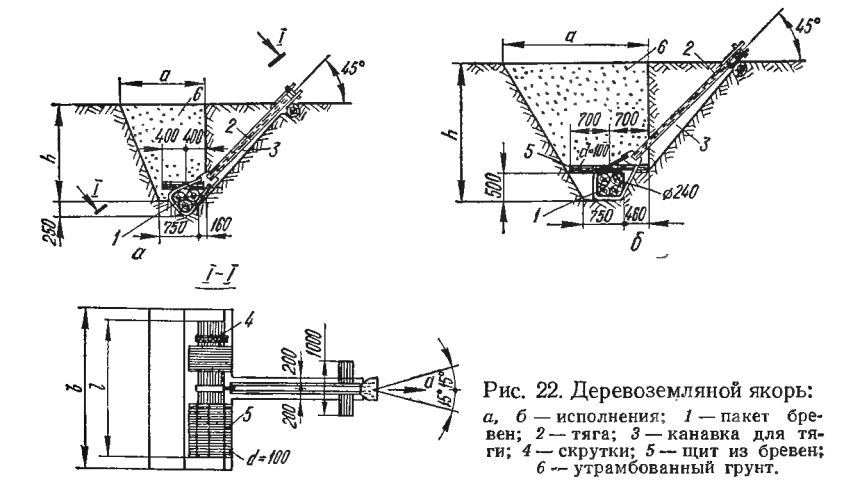


Рис. 22. Деревоземляной якорь:

а, б — исполнения; *1* — пакет бревен; *2* — тяга; *3* — канавка для тяги; *4* — скрутки; *5* — щит из бревен; *6* — утрамбованный грунт.

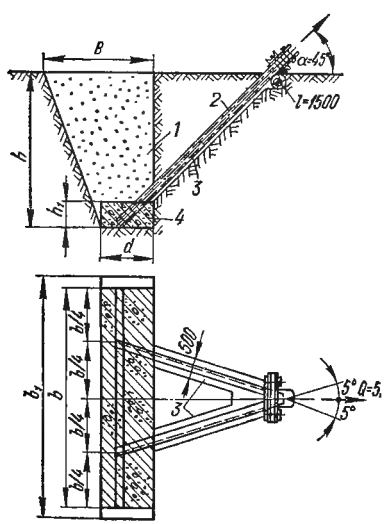


Рис. 23. Бетонный якорь:

1 — утрамбованный грунт; *2* — тяга; *3* — канавка для тяги; *4* — бетон.

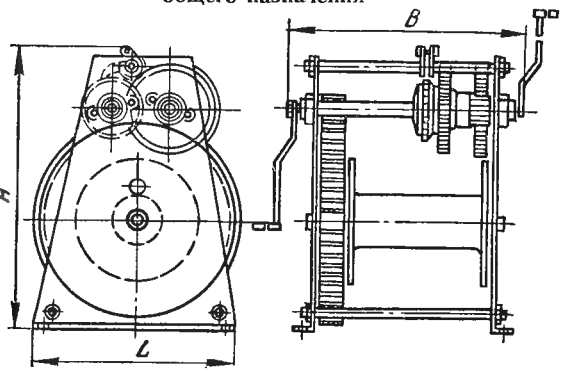
Полузаглубленные (б)									Наземные на шипах (в)						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,2	2,2	2,2	2,2	4,4	4,4	4,4
30	37,5	53,5	61,0	68,5	61,0	75,0	82,5	82,5	17,2	24,7	32,2	47,2	65,4	94,4	124,4
ГПИ Гипронефтеспецмонтаж, Москва									Уфимский сектор ВНИИМонтажспецстроя, Уфа						

ЛЕБЕДКИ

Тяговыми механизмами при подъеме и перемещении грузов на монтажных работах являются лебедки. Они применяются с ручным и электрическим приводами.

Ручные лебедки используют в качестве вспомогательных механизмов для оттяжки грузов, поворота монтажных стрел и пр., а также в тех случаях, когда не требуются большие скорости подъема (на вантах монтажных мачт и др.). Ручная лебедка (табл. 77) состоит из двух щек, соединенных стяжными болтами. В щеках установлена ось, на которой свободно вращается барабан с зубчатым чугунным колесом. Приводной вал лебедки приводится в движение рукояткой.

Таблица 77. **Техническая характеристика ручных лебедок общего назначения**



Марка лебедки	Тяговое усилие, кН	Диаметр каната, мм	Канатоемкость барабана, м	Размеры без рукояток, мм			Масса, кг
				Длина L	Ширина B	Высота H	
Т-68Б	12,25	11	100	500	655	740	140
ЛР-1,5	14,7	13	65	650	700	825	178
ЛР-3,2	31,36	16,5	100	780	750	1000	320
ЛП-5	49,0	21	150	970	950	1020	520
Т-102Б	49,0	21	150	900	930	865	460
Т-78Б	78,4	27,5	200	1250	1135	1060	1426
ЛР-8	78,4	27,5	200	1370	1150	1220	1000

Таблица 78. **Техническая характеристика ручных рычажных лебедок**

Эскиз	Наименование показателей	Единица измерения	Грузоподъемность, т		
			0,75	1,5	3
	Длина, на которую протягивается канат за двойной ход рычага	мм	35	36	36
	Усилие рабочего на рычаге	Н	245	343	343
	Диаметр каната	мм	7,5	13,0	16,5
	Габаритные размеры:				
	H	„	451	560	600
	H_1	„	350	475	670
	B	„	195	230	230
	D	„	200	230	230
	Масса без каната	кг	9	17,8	15,9

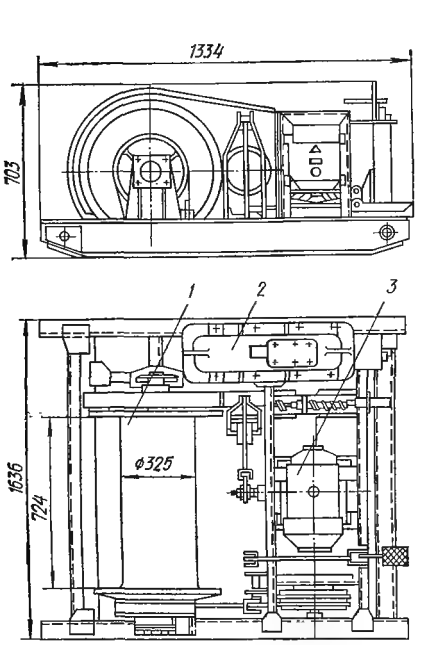


Рис. 24. Лебедка электрическая монтажная:

1 — барабан; *2* — редуктор; *3* — электродвигатель.

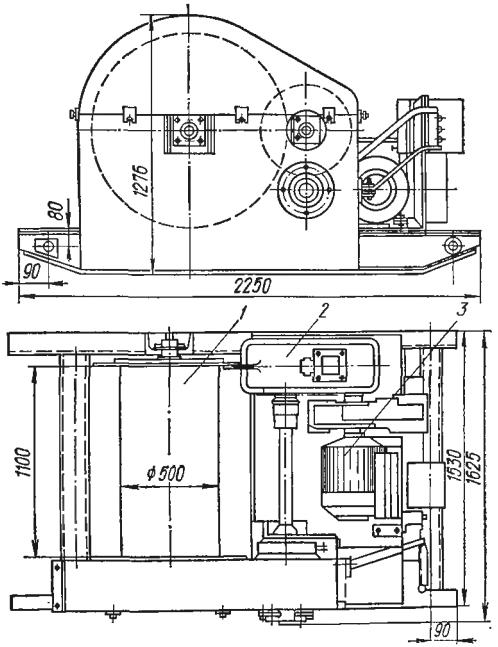


Рис. 25. Лебедка электрическая ЛМ-8:

1 — барабан; *2* — редуктор; *3* — электродвигатель.

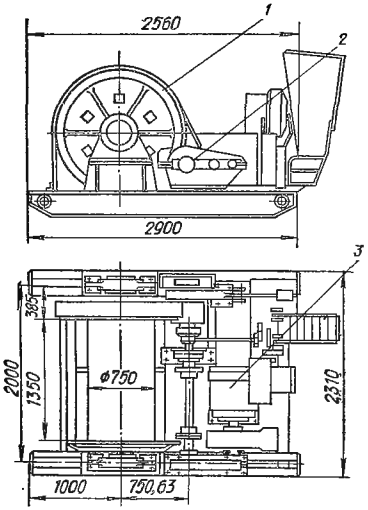


Рис. 26. Электрическая подъемная лебедка ЛМН-12:

1 — барабан; *2* — редуктор; *3* — электродвигатель.

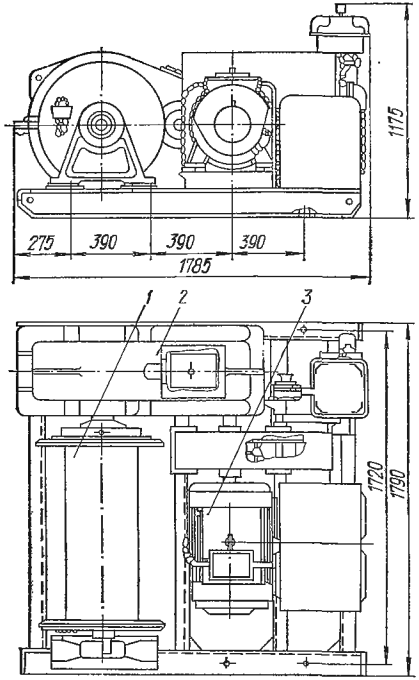


Рис. 27. Лебедка электрическая Т-145Г:

1 — барабан; *2* — редуктор; *3* — электродвигатель.

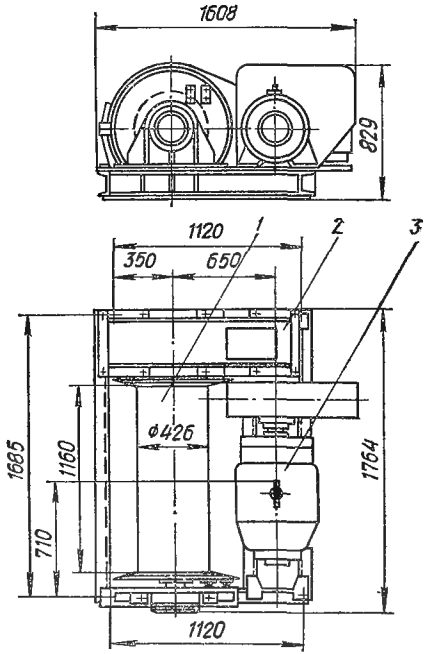


Рис. 28. Электрическая подъемная лебедка ПЛ-5-61:

1 — барабан; *2* — редуктор; *3* — электродвигатель.

Таблица 79. Техническая характеристика

Наименование показателей	Единица измерения	Монтажная	Т-1451	ЛМ-8
Тяговое усилие	кН	29,4	49,0	78,4
Диаметр каната	мм	17,5	22	28,5
Количество слоев навивки каната	—	4	4	5
Канатоемкость	м	200	250	350
Электродвигатель: тип	—	АО-52-4	МВТ-411-8Щ2	АОС-62-4
мощность	кВт	7	16	10
частота вращения	$с^{-1}$	24	12	30
Редуктор: тип	—	РМ-350-11-39	РМ-650-1-3М	РМ-850-Ш-3К
передаточное число	—	46,7	48,5	21,5
Тип тормоза	—	МО-200Б электромагнитный	ТКТГ-300М гидравлический	МО-200Б электромагнитный
Габаритные размеры: длина	мм	1335	1785	22250
ширина	„	1640	1790	1625
высота	„	700	1175	1276
Масса (без каната и пускового аппарата)	кг	985	2100	2100
Изготовитель	—	Ростовский механический завод № 5 Главстроймеханизации Минмонтажспецстроя СССР	Саратовский завод строительных материалов Минстройдормаша СССР	Ростовский механический завод № 5 Главстроймеханизации Минмонтажспецстроя СССР

Рычажные лебедки отличаются от ручных лебедок с зубчатой передачей и барабаном тем, что в них в качестве тяговых органов применены захваты (табл. 78). При этом канат не наматывается на барабаны, а протягивается между двумя попеременно действующими захватами. Благодаря небольшим габаритам и массе рычажные лебедки нашли широкое применение на монтажных работах.

Электрические лебедки (табл. 79) состоят из сварных рам, на которых уста-

электрических лебедок

ЛМЭ-10-510	ЛПМ-10/800	ЛМН-12	ЛМ-16-1250
98	98	122,5	156,8
30,5	31	33	35,5
5	7	7	4
510	800	800	1250
МТВ-412-8	МА-115/8 или КО-32-8	АОС-73-6	КО-42-8
22	20	20	32
12	12	14,8	12,2
РМ-650-1-3М	Червячный	Шестереночный	РМ-750-1-48
48,57	50	68,72	347,3
ТКТГ-400 гидравлический	КМ-102 электромагнитный	ТКТГ-300М гидравлический	КМТ-3А электромагнитный колодочный
2800	2870	2960	3925
2330	3390	2310	3715
1480	1740	1675	1890
3300	7750	5640	10400
Славянский котельно-механический завод ГлавУППМинмонтажспецстроя УССР	Ясиноватский машиностроительный Главуглемаша Министерства угольной промышленности СССР	Свердловский механический завод № 4 Главстроймеханизации Минмонтажспецстроя СССР	Ясиноватский машиностроительный завод Главуглемаша Министерства угольной промышленности СССР

новлен барабан, редуктор, электродвигатель, тормозное и пусковое устройство. На монтажных работах для подъема и перемещения грузов применяют следующие типы лебедок:

лебедки Т-66В, монтажная (рис. 24), ЛМ-8 (рис. 25) и ЛМН-12 (рис. 26) имеют управляемый ленточный тормоз, позволяющий отсоединять барабан от привода и свободно спускать ненагруженный крюк;

лебедки Т-145Г (рис. 27), ПЛ-5-61 (Рис. 28) и ЛЭМ-10-510 (рис. 29)

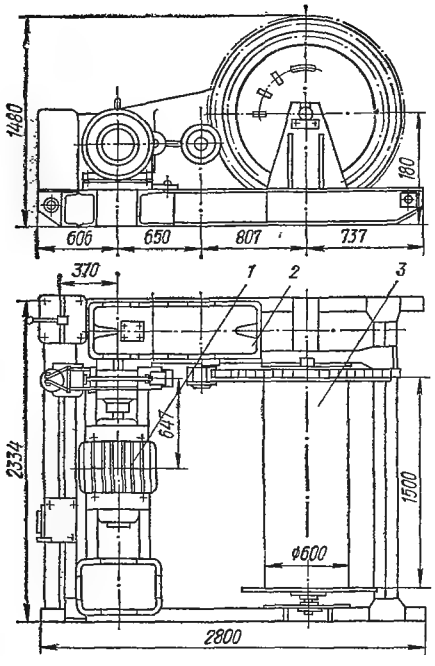


Рис. 29. Лебедка электрическая ЛЭМ-10-510:

1 — электродвигатель; *2* — редуктор; *3* — барабан.

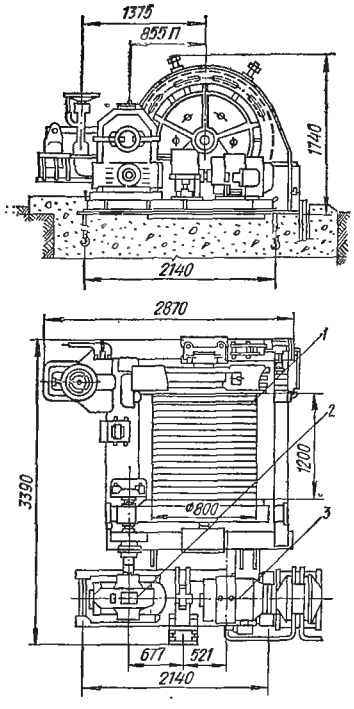


Рис. 30. Лебедка электрическая ЛПМ-10/800:

1 — барабан; *2* — редуктор; *3* — электродвигатель.

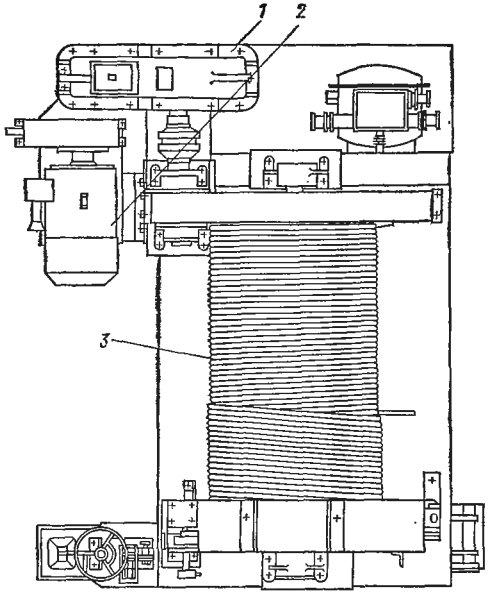


Рис. 31. Лебедка электрическая ЛМ-16/1250:

1 — редуктор; *2* — электродвигатель; *3* — барабан.

имеют колодочный тормоз с гидротолкателем для торможения вала двигателя;

лебедка ЛПМ-10/800 (рис. 30) имеет предохранительный грузовой электромагнитный и маневровый тормоза, которые служат для экстренного торможения лебедки;

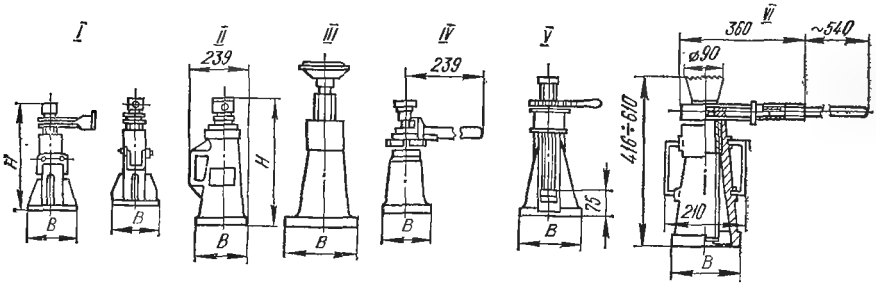
лебедка ЛМ-16/1250 (рис. 31) отличается тем, что ее электродвигатель имеет собственную раму, которую при транспортировке отсоединяют.

На монтаже встроенных конструкций применяются электрические лебедки малой грузоподъемности марки ЛМ-0,5 и ЛМ-1М.

ДОМКРАТЫ

На монтажных работах домкраты применяют для подъема и выверки конструкции и оборудования, для правки деформированных элементов конструкций и на других работах. По принципу действия домкраты делятся на винтовые (табл. 80), реечные и гидравлические.

Таблица 80. **Винтовые домкраты**

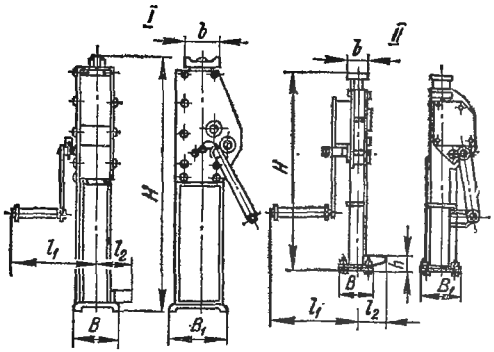


Исполнение	Тип	Грузоподъемность, т	Высота подъема, мм	Размеры			Масса, кг
				B	H мин	H макс	
I	СК-5 СК-10 СК-15 СК-20	5 10 15 20	235 265 300 335	180 220 250 270	440 480 550 615	675 745 848 950	17,5 25,5 38,0 54,5
II	Винтовые обыкновенные	5 10 15	270 330 300	165 220 280	580 587 616	850 917 916	29,1 40
III	ДВ-20	20	200	260	440	640	31,6
IV	Т-56 «Б»	5	178	150	275	453	10,9
V	Винтовой с нижней лапой	5	180	180	450	630	20
VI	ДВ-10	10	200	160	416	610	30

Таблица 81. **Техническая характеристика**

Эскиз	Исполнение	Усилие, кН	А	
			мин	макс
I	I	49	800	1290
		98	1210	1920
		196	1640	2640
II	II	9,8	610	920
		29,4	720	1220
		98,0	950	1550
		147,0	1500	2400

Таблица 82. **Реечные домкраты**

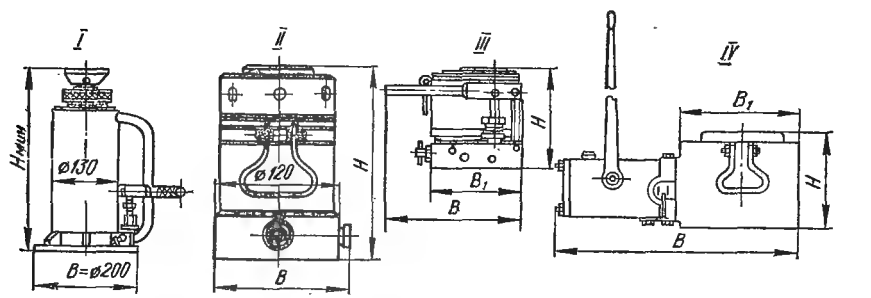


Исполнение	Грузоподъемность, т		Высота подъема, мм	Усилие на рукоятке, Н	Размеры, мм							Масса, кг
	на оголовке	лапы			B	B_1	H	h	b	l_1	l_2	
I	3	3	400	215,6	90	150	710	60	120	256	77	27
	3	5	370	49,0	150	190	850	70	120	280	108	50
	5	5	400	24,5	80	180	724	67	140	300	77	31,6
II	3	1,5	300	18	100	130	645	48	80	289	75	19
	5	2,5	300	21	120	140	710	62	85	302	108	32
	10	5	300	9	140	160	815	80	100	323	121	62

винтовых стяжек

Размеры, мм												Масса, кг
Б	В	Г	Д	$Д_1$	Е	Ж	И	К	Л	М	Н	
90	—	680	40	М30	—	28	—	55	75	—	—	17,7
120	250	965	60	М42	48	40	12	85	110	120	90	78,0
160	300	1345	80	1,5″	64	56	16	115	145	160	120	200,0
40	—	500	20	М16	—	12	—	30	40	—	—	3,9
45	—	600	35	М20	—	16	—	40	60	—	—	5,1
89	—	730	50	М42	—	30	—	60	90	—	—	27,0
114	—	1200	55	Трап 58×8	—	40	—	75	100	—	—	69,0

Таблица 83. **Техническая характеристика гидравлических домкратов**



Исполнение	Марка	Грузоподъемность, т	Высота подъема, мм	Диаметр рабочего цилиндра, мм	Давление жидкости, МПа	Размеры, мм			Масса, кг
						$H_{мин}$	B	B_1	
I	0-25	25	200	80	49,0	365	200	200	25
II	МДГА-25 МДГА-50	25 50	75 100	90 125	39,2 39,2	195 280	200 274	172 193	9,8 19,6
III	ДГО-20	20	90	90	31,4	170	520	188	20

Исполнение	Марка	Грузоподъемность, т	Высота подъема, мм	Диаметр рабочего цилиндра, мм	Давление жидкости, МПа	Размеры, мм			Масса, кг
						$H_{мин}$	B	B_1	
IV	ДГО-50	50	100	125	40,1	220	460	313	63
	ДГО-100	100	155	180	38,4	285	596	375	125
	ДГО-200	200	155	250	40,0	304	700	470	209
II	МДГ-10	10	75	65	39,2	185	95	95	6
	МДГ-20	25	75	90	39,2	210	190	190	18,2
	МДГ-50	50	100	125	39,2	279	215	163	36,6
	МДГ-100	100	155	180	39,2	368	288	232	78
	МДГ-200	200	155	255	39,2	400	330	325	186
—	ДГ-100—2	100	155	110/150	39,2	325	370	190	57
	ДГ-200—2	200	155	150/210	39,2	370	440	260	116
	ДГ-10СП	10	120	65	39,2	270	100	86	8

Примечания: 1. В качестве рабочей жидкости в гидравлических домкратах применяется масло индустриальное марок «30» и «20».

2. Домкраты гидравлические I исполнения, ДГО-20 (III исполнения), ДГО-50, ДГО-100, ДГО-200 (IV исполнения) имеют встроенные насосы ручного действия.

3. Домкрат гидравлический ДГ-10СП работает от ручного насоса НРД-400.

Распорные винтовые домкраты применяются при работе в стесненных условиях и правке элементов конструкций.

Винтовые стяжки используются при выполнении монтажных работ, в частности для натяжения вант, правки конструкций и др. (табл. 81).

Реечные домкраты изготавливаются грузоподъемностью до 10 т с высотой подъема 300—400 мм и имеют ручной привод (табл. 82).

Техническая характеристика гидравлических домкратов приведена в табл. 83.

МОНТАЖНЫЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, МОНТАЖНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И СРЕДСТВА МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ, ВЫПУСКАЕМЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МИНМОНТАЖСПЕЦСТРОЯ СССР

Абразивные армированные круги применяются для резки и зачистки конструкций и труб из углеродистых и легированных сталей и металлопроката с помощью маятниковых пил и механизированного ручного инструмента.

Техническая характеристика

	Д180×3×22	*5П180×6×22*	*Д230×6×22*	*5П230×6×22*	*Д300×3×32*	*Д400×4×32*	*Д500×5×32*
Диаметр, мм:							
наружный	180	180	230	230	300	400	500
внутренний . . .	22	22	22	22	32	32	32

Толщина, мм	3	6	3	6	3	4	5
Окружная скорость, м/с	80	80	80	80	80	80	80
Частота вращения круга, $с^{-1}$	141,6	141,6	110,6	110,6	85,1	63,6	59,2
Стоимость 1 шт., руб.	0—65	0—95	0—85	1—30	1—45	2—45	2—60

Изготовитель: Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации.

Круги марок Д180×3×22, Д230×3×22, Д300×3×32, Д400×4×32 выпускаются по ГОСТ 21963—76 и применяются для резки металла, марок 5П180×6×22 и 5П230×6×22 выпускаются по ТУ 2-036-295-76 и применяются для зачистки металла, марки Д500×5×32 выпускаются опытным путем и применяются для резки металла.

Электрокромкорез ИЭ-6502 предназначен для разделки кромок под сварку листовых конструкций толщиной до 22 и фаской до 10 мм (по гипотенузе).

Техническая характеристика

Толщина обрабатываемых листов, мм:	
наибольшая	22
наименьшая	4
Наибольшая длина образуемой фаски по гипотенузе, мм	10
Наименьший радиус кривой, обрабатываемой кромкорезом на плоскости, мм:	
выпуклый	0
вогнутый	40
Наименьший диаметр, обрабатываемых труб, мм	400
Частота двойных ходов в 1 мин	530±60
Потребляемая мощность, кВт	2,9
Электродвигатель:	
напряжение, В	220
мощность, кВт	1,4
частота тока, Гц	50
Габаритные размеры, мм:	
высота	300
длина	570
ширина	110
Масса (без кабеля и ЗиП), кг	14
Стоимость, руб.	290
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Электрокромкорез Э-21 предназначен для подготовки кромок под сварку на листовом металле и трубах.

Техническая характеристика

Толщина обрабатываемых листов, мм:	
наименьшая	4
наибольшая	23
Наибольший размер образуемой фаски по гипотенузе, мм	10
Угол скоса, °	20,30
Радиус вогнутой кривой, обрабатываемой кромкорезом на листе (не менее), мм	40
Число двойных ходов пуансона в 1 мин при резке	500

Электродвигатель:	
тип	АП-43-А
мощность, Вт	1600
напряжение, В	36,0
частота тока, Гц	200
частота вращения, $с^{-1}$	193,3
Габаритные размеры, мм	550×105×290
Масса, кг	14,4
Стоимость, руб.	285
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Станок трубоотрезной СТ 100-350 предназначен для отрезки металлических труб и снятия фасок на торце трубы под углом 45, 50 и 60°.

Техническая характеристика

Диаметр отрезаемых труб, мм	100—350
Наибольшая толщина стенки трубы, мм	18
Частота вращения планшайбы, $с^{-1}$	0,41
Подача резца за один оборот планшайбы, мм	0,11
Электродвигатель:	
тип	АОЛ2-22-4
мощность, кВт	1,5
частота вращения, $с^{-1}$	25
Масса, кг	450
Стоимость, руб.	390
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Ножницы ручные электрические вырубные ИЭ-5503 предназначены для криволинейной резки толстолистового металла в условиях монтажных площадок.

Техническая характеристика

Толщина обрабатываемых листов, мм	3—10
Число двойных ходов ножа в 1 мин	322
Производительность (при резке листа максимальной толщины), м/мин	1
Электродвигатель:	
тип	АПШ-1600/36-12у1
полезная мощность, Вт	1600
частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	193
напряжение, В	36
частота тока, Гц	200
сила тока, А	33,2
Габаритные размеры, мм	532×340×225
Масса (без кабеля), кг	17
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Ножницы ручные электрические прорезные ИЭ-5802 предназначены для прямолинейной резки листового металла толщиной до 10 мм на монтажных площадках.

Техническая характеристика

Наибольшая толщина прорезаемого листа, мм, при пределе прочности материала листа, МПа:	
245 (алюминий)	10

392	10
588	8
784	6,5
Наименьшая толщина разрезаемого листа, мм	4
Наименьшая производительность (при резке листа максимальной толщины), м/мин	1,8
Число двойных ходов ножа в 1 мин	322
Электродвигатель:	
тип	ЕД-1400 (НРБ)
напряжение, В	220
частота, Гц	50
мощность, кВт	1,4
Габаритные размеры, мм:	
длина	540
ширина	270
высота	345
Масса (без кабеля и ЗиП), кг	24,6
Масса инструментального ящика с комплектом запасных частей и принадлежностей, кг	8,15
Стоимость, руб.	245
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Пила маятниковая ПМ-300/400 предназначена для резки металлических труб, сортового и фасонного проката абразивным армированным кругом. Пила состоит из основания, шарнирно прикрепленного к нему маятника со шпинделем, тисков и электропривода.

Техническая характеристика

Максимальный диаметр абразивного круга, м	300 и 400
Размеры отрезаемых профилей, мм:	
наружный диаметр трубы	133
уголок — высота полки	100
швеллер, балка — высота	140
Угол поворота тисков, град	45
Окружная скорость резания, м/с	80
Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$, при круге диаметром, мм:	
300	85
400	63,6
Масса, кг	450
Стоимость, руб.	390
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Трубогибочный гидравлический станок ТГС-127 с электроприводом предназначен для гнутья труб в холодном состоянии без предварительной набивки песком.

Техническая характеристика

Диаметр труб, мм	76, 89, 114, 127
Радиус изгиба труб, мм	$4D$
Скорость движения колодки (при изгибе), мм/с	4,5
Максимальный ход штока, мм	55
Избыточное максимальное давление масла, МПа	29,4
Электродвигатель:	
тип	АОЛ2-32-4
мощность, кВт	3
частота вращения, $с^{-1}$	23,6

Габаритные размеры, мм	1440×1400×600
Масса, кг	632
Стоимость, руб.	490
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Пневматические шлифовальные машины П-21 и П-22 предназначены для резки в условиях монтажной площадки абразивными армированными кругами труб и профильного металла, вырезки корня сварного шва, подготовки кромок металла под сварку, зачистки металла после сварки и т. п.

Техническая характеристика

	П-21	*П-22*
Диаметр абразивного армированного круга, мм	180	230
Частота вращения, $с^{-1}$	133	100
Мощность на шпинделе, кВт	1471	1,83
Избыточное давление воздуха в сети, МПа	0,588	
Габаритные размеры, мм	525×196×150	555×248×175
Масса, кг	4,5	7,5
Стоимость, руб.	65	53
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений	

Машина ручная зачистная пневматическая И-371 предназначена для очистки металлических поверхностей от ржавчины, окалины и старой краски стальными проволочными щетками, а также для зачистки сварных швов на монтажных площадках.

Техническая характеристика

Диаметр проволочной щетки, мм	110
Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$:	
на холостом ходу	100
при максимальной мощности	50
Максимальная мощность на шпинделе, кВт	0,44
Избыточное давление воздуха на входе в машину, МПа	0,49
Габаритные размеры, мм	472×110×174
Масса, кг	4
Цена, руб.	
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Пневмомолоток пучковый П-5 предназначен для зачистки конструкций сварных швов от коррозии, окалины и наклепа металла.

Техническая характеристика

Энергия удара, Дж	0,98
Частота ударов, Гц	60±5
Полуразмах колебаний корпуса рукоятки, мм	0,08
Ударник:	
наименьший диаметр, мм	14
наибольший » мм	16
ход, мм	20
масса, кг	0,06
количество стержней, шт.	29
диаметр стержней, мм	2
Избыточное давление воздуха, МПа	0,588

Расход воздуха, м³	0,004
Масса, кг	2,5
Габаритные размеры, мм	162×191×56
Стоимость, руб.	40
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Молоток клепальный П-45 предназначен для клепки металлоконструкций заклепками.

Техническая характеристика

Диаметр стальных заклепок, мм	36÷38
Энергия удара, Дж	68,6
Частота ударов в 1 мин	900
Рабочее давление воздуха в сети, МПа	0,49
Расход воздуха, м³/с	0,036
Октавные уровни виброскорости	В пределах требований
Габаритные размеры, мм	583×172×105
Масса (без инструмента), кг	1,0
Стоимость, руб.	89
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Пневмозубило П-6 предназначено для зачистки швов, обрубочных, зачистных и чеканочных работ.

Техническая характеристика

Энергия единичного удара, Дж	1,96
Частота ударов, Гц	250±5
Избыточное давление воздуха на входе в машину, МПа	0,49
Расход воздуха, м³/мин	0,3
Ударник:	
диаметр, мм	15
ход, мм	35
масса, кг	0,6
Габаритные размеры, мм	230×76×54
Масса, кг	2,5
Стоимость, руб.	32
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Механизм тяговый монтажный МТМ-1,6 предназначен для подъема и перемещения грузов на строительно-монтажных работах и может быть использован при производстве ремонтных работ.

Техническая характеристика

Тяговое усилие, кН:	
номинальное	12,74
максимальное	1568
Усилие на рукоятке, Н	313,6
Подача каната за один ход рычага, мм	27
Диаметр каната, мм	12
Длина каната с крюком, м	12

Масса, кг:	
без каната и рычага	15,5
общая	30,5
Стоимость, руб.	65
Изготовитель	Туапсинский машиностроительный завод

Таль рычажная ТР-1М предназначена для монтажных работ и для перемещения грузов к месту монтажа.

Техническая характеристика

Грузоподъемность, т	1
Наибольшая высота подъема, м	2,2
Усилие на рукоятке, Н	264,6
Скорость подъема груза, м/мин	0,385
Габаритные размеры, мм:	
ширина	170
длина	510
Расстояние между крюками, мм:	
максимальное	2500
минимальное	455
Масса, кг	19,6
Стоимость, руб.	40
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Ключи-мультипликаторы КМ-70, КМ-130, КМ-200, КМ-400 и КМ-600 предназначены для затяжки на монтажных работах резьбовых соединений с большей величиной крутящего момента, чем прилагаемое усилие. Изготавливаются по ТУ 36-1193-74.

Техническая характеристика

	КМ-70	*КМ-130*	*КМ-200*	*КМ-400*	*КМ-600*
Диаметр резьбовых соединений, мм	М26÷36	М30÷М42	М42÷М45	М48÷М64	М64÷М76
Момент закручивания на валу, Н·м:					
входном	59,9	134,2	207,7	245	343
выходном	686	1274	1960	3920	5880
Габаритные размеры, мм	300×88×130	500×104×130	475×115×234	480×145×280	500×200×250
Масса, кг	2,3	3,8	1,5	9,2	13,2
Стоимость, руб.	55	70	130	150	190
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации				

Ключи гаечные трещоточные КГТ-1 предназначены для предварительной затяжки резьбовых соединений при производстве монтажных работ.

Техническая характеристика

Размер квадрата под сменные головки, мм	14
Размеры зевов сменных головок, мм	17, 19, 22, 24, 27, 30, 32
Наибольший момент затяжки, Н·м	49
Наибольшее усилие на рукоятке, Н	196

Наименьший угол поворота, град	13
Габаритные размеры (без сменной головки), мм:	
длина	340
ширина	40
высота	40
Масса (без сменной головки), кг	0,61
Стоимость, руб.	2,50
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Ключи гаечные кольцевые двухсторонние коленчатые предназначены для сборки резьбовых соединений при монтажных работах. Изготавливаются по ГОСТ 2906—71.

Техническая характеристика

Шифр	7811-0289	7811-0293	7811-0291
Размер, мм	17×19	27×30	22×25
Момент закручивания, Н·м	200,0; 259,7	591,92; 757,54	366,52; 449,82
Масса, кг	0,29	0,54	0,40
Стоимость, руб.	0,60	0,85	0,70
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации		

Ключи динамометрические КРМ-60 и КРМ-120 предназначены для затяжки высокопрочных болтов с размером резьб М18-24 и определенным крутящим моментом, предварительно выбранным для данного болта. Изготавливаются по ТУ 836-67.

Техническая характеристика

	КРМ-60	*КРМ-120*
Момент закручивания, Н·м:		
максимальный	588	1176
минимальный	98	490
Размер под ключ сменных головок, мм	27; 30; 32; 36	27; 30; 32; 36
Габаритные размеры, мм	940×102×66	1580×102×6
Масса, кг	10,8	15,2
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений	

Щетка-зубило ЩЗ-1 предназначается для вспомогательных работ при электросварочных операциях: очистки свариваемых кромок от грязи и ржавчины, зачистки сварных швов и околошовной зоны от шлака и брызг.

Техническая характеристика

Габаритные размеры, мм:	
длина	294
ширина	44
высота	155
Масса, кг	0,625
Стоимость, руб.	3
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Шаблоны швов сварных соединений ШС-2 предназначены для визуального контроля предельных размеров конструктивных элементов сварных швов и размеров разделки кромок под сварку. Изготавливается по ТУ 36-1163-70.

Техническая характеристика

Количество шаблонов в комплекте, шт.	22
Толщина свариваемого металла, мм	4—26
Габаритные размеры, мм	165×25×15
Масса комплекта, кг	0,19
Стоимость, руб.	2,30
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Электрододержатель пассатижного типа ЭП-2 предназначен для ручной дуговой электросварки металлическим электродом. Изготавливается по ГОСТ 1451—77.

Техническая характеристика

Диаметр зажимаемых электродов, мм	3÷6
Номинальный сварочный ток, А	315
Сечение присоединяемого кабеля, мм	50
Габаритные размеры, мм	250×40×20
Масса, кг	0,46
Стоимость, руб.	8—80
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Вакуум-агрегат предназначен для испытания стыковых, внахлестку, тавровых и угловых швов резервуаров и трубопроводов на плотность. Изготавливается по ТУ 36-932-72/ММСС СССР.

Техническая характеристика

Разряженность, создаваемая вакуум-насосом, не ниже, МПа	0,088
Время поддержания разряженности в вакуум-камере при выключенном насосе, с	120
Тип насоса	РВН-20
Двигатель:	
тип	А-31-4
мощность, Вт	600
Частота вращения, $с^{-1}$	23,5
Количество вакуум-камер, шт.	3
Габаритные размеры, мм	750×430×825
Масса, кг	110
Стоимость, руб.	300
Изготовитель	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Балансир пружинный Б-1 предназначен для подвешивания механизированного инструмента или приспособлений для облегчения работы с ним.

Техническая характеристика

Грузоподъемность, кг	7÷12,5
Наибольший вылет троса, мм	2000
Габаритные размеры, мм	224×198×105
Масса, кг	3,8

Стоимость, руб.	36
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Предохранительное верхолазное устройство ПВУ-2 предназначено для предохранения от падения монтажника с конструкции или подмостей.

Техническая характеристика

Максимальная масса падающего груза, кг	100
Тормозной путь при падении, м	0,6÷1,5
Размеры тормозного троса:	
диаметр, мм	
длина, м	
Габаритные размеры, мм	253×92×350
Масса, кг	8,2
Стоимость, руб.	57
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Агрегат электронасосный НШ-40 (ТУ 36-208-76 и ТУ 36-ЭД1-208-76) предназначен для заполнения и испытания (опрессовки) резервуаров систем трубопроводов после выполнения монтажных работ. В качестве рабочей жидкости может применяться вода температурой от 0 до 50°С.

Техническая характеристика

Максимальное рабочее давление насоса, МПа	1,57
Подача, $м^3/с$	0,003
КПД насосного агрегата	52
Высота всасывания, мм	500
Электродвигатель:	
тип	АОЛ2-31-4
мощность, кВт	2,2
частота вращения ротора, $с^{-1}$	25
напряжение, В	220/380
частота тока, Гц	50
Габаритные размеры, мм	640×280×295
Масса, кг	51
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Агрегат электронасосный передвижной НП-600 (ТУ 36-2-76 и ТУ 36-ЭД1-2-76) предназначен для испытания гидравлическим давлением резервуаров, работающих под давлением, и систем трубопроводов после выполнения монтажных работ. Рабочей жидкостью служит вода при температуре от 0 до 50°С.

Техническая характеристика

Предельное давление насоса, МПа	61,74
Давление на входе в насос, МПа	0,098
Рабочий объем насоса, $см^3$	12
Электродвигатель:	
тип	ЛОЛ2-51-4
напряжение, В	220/380
мощность, Вт	7500
Габаритные размеры, мм	1440×570×650
Масса, кг	293
Изготовитель	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений

Таблица 84. Техническая характеристика сверлильных машин

Индекс машины	Наибольший диаметр сверления, мм	Частота вращения шпинделя, c^{-1}	Электродвигатель			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота тока, Гц			
ИЭ-1025А	6	20,5	0,21	36	200	1,6	31	Конаковский завод механизированного инструмента
ИЭ-1003Б	6	24,9	0,27	220	50	1,55	19	Завод «Электроинструмент», Назрань
ИЭ-1031А	9	16,1	0,27	220	50	1,6	31,5	То же
ИЭ-1026А	9	13,3	0,29	36	200	1,6	32	Конаковский завод механизированного инструмента
ИЭ-1203	14/9	83/1,6	0,36	36	200	4		Завод «Электроинструмент», Выборг
ИЭ-1019	9	16,6	0,3	220	50	2	38	Завод «Электроинструмент», Назрань
ИЭ-1019А	9	13,3	0,34	220	50	2	38	То же
ИЭ-1032 *	9	15,6	0,42	220	50	1,7	42	Конаковский завод механизированного инструмента
ИЭ-1034	9	13,3	0,32	220	50	1,65	30	Завод «Электроинструмент», Назрань
ИЭ-1204	14/9	8,3/1,6	0,43	220	50	3,5	50	Производственное объединение «Электроинструмент», Ростов-на-Дону
ИЭ-1033	14	8,5	0,34	36	200	2,6	26	Завод «Электроинструмент», Выборг

Индекс машины	Наибольший диаметр сверления, мм	Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	Электродвигатель			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота тока, Гц			
ИЭ-1022А *	14	11,6	0,43	220	50	3,2	44	Производственное объединение «Электроинструмент», Ростов-на-Дону
ИЭ-1023	23	4,1	0,6	220	50	6,5	50	Производственное объединение «Электроинструмент», Резекне
ИЭ-1301	21	7,5	0,6	220	50	10	29	Завод «Электроинструмент», Даугавпилс
ИЭ-1015	23	7,5	0,6	220	50	9,7	24	То же
ИЭ-1017А	23	7,6	0,86	36	200	4,1	34	Завод «Электроинструмент», Выборг
ИЭ-1029	25	63,3	1,07	36	200	6,9	70	То же
ИЭ-6002 **	14	15,8	0,27	36	200	17,55	175	Завод «Электроинструмент», Выборг
ИЭ-6008 ***	9	15,6/33,3	0,42	220	50	11,6	94,6	Конаковский завод механизированного инструмента
Двухскоростная	23/14	16,2/8	0,370	270	50	5,0		Производственное объединение «Электроинструмент», Резекне
»	32/23	20,8/10	0,55	220	50	7,0		То же
Двухскоростная ударно-вращательная	14	20,8/10	0,4	220	50	3,5		Производственное объединение «Электроинструмент», Ростов-на-Дону

* Машинам ИЭ-1032 и ИЭ-1022А присвоен государственный Знак качества.

** Машина с комплектом насадок: сверлильная — ИЭ-1021; гайковерты ИК-8406 и ИК-8407; ножницы вырубные ИК-8805; ножницы ножевые ИК-8804; щетка зачистная ИК-8203.

*** Машина двухскоростная с комплектом насадок: пила по дереву ИК-8603; точило ИК-8210.

Таблица 85. Техническая характеристика шлифовальных машин

Индекс машины	Диаметр круга, мм	Частота вращения шпинделя, c^{-1}	Электродвигатель			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель	Примечание
			Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота тока, Гц				
ИЭ-2008	63	23,3	0,6	220	50	3,8	34	Производственное объединение «Электроинструмент», Резекне	—
ИЭ-2106	80	120	0,6	220	50	3,8	50		—
ИЭ-2009	125	76,6	1,15	220	50	6,5	50		
ИЭ-2201	130	16,6	3,4	220	50	2,3	4,8	Завод «Электроинструмент», Назрань	—
ИЭ-2004А	150	64,3	1,07	36	220	5,4	36	Завод «Электроинструмент», Выборг	—
ИЭ-2103А	178	141,6	2,08	36	200	8,2	75	Завод «Электроинструмент», Выборг	Угловая
ИЭ-6103	200 прямой головки и 125 угловой	48,6 прямой головки и 141,6 угловой	1,02	220	50	3,4	103	То же	С гибким валом прямая и угловая
ИЭ-8201А	200	48,6	1,02	220	50	2,8	55	»	С гибким валом
ИЭ-2102А	200	108,3	2,08	36	200	8,2	77	»	Угловая

Таблица 86. **Техническая характеристика гайковертов**

Индекс машины	Максимальный диаметр резьбы, мм	Момент затяжки, Н·м	Частота вращения шпинделя, с—1	Электродвигатель			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель
				Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота тока, Гц			
ИЭ-3117	12	63	16	0,22	36	200	3,3	42	Конаковский завод механизированного инструмента
ИЭ-3116	12	63	20,6	0,24	220	50	3,65	55	То же
ИЭ-3118	12—30	700	15,8	0,37	36	200	5,2	70	Производственное объединение «Электроинструмент», Ростов-на-Дону
ИЭ-3115А	12—30	700	15,8	0,42	220	50	6,1	58	То же
ИЭ-3114А	16	125	16	0,27	36	200	3,5	42	Конаковский завод механизированного инструмента
ИЭ-3113	16	125	16,6	0,34	200	50	3,8	42	То же
ИЭ-3112 *	22—42	2100	14,2	0,12	220	50	12,4	170	Завод «Электроинструмент», Выборг
ИЭ-3101	16	125	15,8	0,365	36	200	4,6	64	То же
ИЭ-3111	22	250	15,8	0,4	220	50	5,5	50	Производственное объединение «Электроинструмент», Ростов-на-Дону
ИЭ-3119	14—36	1300	10,4	0,45	220	50	7,4	50	То же

* Гайковерт в комплекте с защитно-отключающим устройством.

Таблица 87. **Техническая характеристика ножниц**

Индекс и тип машины	Наибольшая толщина разрезаемого листа, мм	Число двойных ходов ножа в 1 мин	Электродвигатель			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Напряжение, В	Мощность, кВт	Частота тока, Гц			
ИЭ-5403 ножевые	2,5	990	220	0,4	50	5,0	44	Производственное объединение «Электроинструмент», Ростов-на-Дону
ИЭ-5502 вырубные	1,0	1200	220	0,23	50	2,9	50	Конаковский завод механизированного инструмента
ИЭ-5404 ножевые	1,6	1800	220	0,23	50	3,0	67	То же

Таблица 88. **Техническая характеристика точил**

Индекс машины	Диаметр круга, мм	Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	Электродвигатель			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота тока, Гц			
ИЭ-9703	100	50	0,3	220	50	16,5	60	Завод «Электроинструмент», Даугавпилс
ЭТ-1 *	100	50	0,32	220	50	7,2	25,95	То же
БЭТ-1	100	50	0,32	220	50	7,2	14,35	Завод «Электроинструмент», Выборг

Примечание. ЭТ-1 выпускается со Знаком качества.

Таблица 89. Техническая характеристика вспомогательных машин и устройств

Наименование	Индекс	Назначение	Краткая техническая характеристика	Изготовитель
Передвижная электростанция	АБ-2Т/230	Для питания электроэнергией электрифицированного инструмента	Двигатель одноцилиндровый УД-1 мощностью 3 кВт Бензин А-66. Генератор мощностью 2 кВт, напряжение 230 В. Масса 202 кг. Частота 50 Гц	Московский электромеханический завод
То же	АБ-4Т/230	То же	Двигатель двухцилиндровый УД-2 мощностью 6 кВт. Генератор мощностью 4 кВт; частота 50 или 200 Гц, напряжение 230 В. Масса 256 кг	То же
»	АБ-8Т/230	Для питания электроэнергией электрифицированного инструмента	Двигатель четырехцилиндровый УД-4, мощность 11,8 кВт. Генератор мощностью 8 кВт, частота 50 Гц, напряжение 230 В. Масса 420 кг	»
Преобразователь частоты тока	ИЭ-9401	Предназначен для преобразования переменного тока промышленной частоты в переменный ток повышенной частоты	Напряжение: первичное 220/380, вторичное 36 В. Частота тока, Гц: первичная 50, вторичная 220. Мощность, кВт: отдаваемая 4, потребляемая 5,8. Масса 63 кг	Завод «Электроинструмент», Выборг
То же	ИЭ-9403	Предназначен для преобразования переменного тока промышленной частоты в переменный ток повышенной частоты	Напряжение, В: первичное 220/380, вторичное 36. Частота тока, Гц: первичная 50, вторичная 200. Мощность, кВт: отдаваемая 1,2, потребляемая 2	То же
Соединение штепсельное трехполюсное	ИЭ-99-1А	Предназначено для присоединения приемников тока напряжением 250/380 В к питающей сети	Напряжение 250/380 В, ток трехфазный, сила тока 6/3,5 А, масса 330 кг	Завод «Красный маяк», Ярославль
То же	ИЭ-9902А	Предназначено для присоединения приемников тока напряжением 36 В к питающей сети	Напряжение 36 В, ток трехфазный, сила тока 25 А. Масса 300 кг	То же
Понижающий трансформатор	ИВ-4	Предназначен для преобразования переменного тока напряжением 380/220 В в напряжение 220/127 В	Напряжение высокое 380/220 В, низкое 220/127 В. Мощность 1 кВт, масса 30,5 кг	»
То же	ИВ-8	То же	То же, масса 31,5	»

Наименование	Индекс	Назначение	Краткая техническая характеристика	Изготовитель
Понижающий трансформатор	ИВ-9	То же в напряжение 36 В	Напряжение высокое 350/220 В, низкое 36 В. Мощность 1,5 кВт, масса	Завод «Красный маяк», Ярославль
То же	ИВ-10		То же, масса 24 кг	То же
Подсоединительный кабель	ШРПС	То же Для присоединения электрических машин к электросети напряжением до 500 В	Количество и поперечное сечение жил, мм²: 2×0,75+1×0,75; 2×1+1×0,75; 2×1,5+1×1; 3×0,75; 3×1; 3×0,75×1×0,75; 3×1+1×1; 3×1,5+1×1	Заводы электрокабельной продукции
Подсоединительный кабель	КРПТ	Для присоединения электрических машин к электросети напряжением до 500 В	То же, 3×2,5; 3×4; 3×2,5+1×1,5; 3×4+1×2,2	То же
Автомат с защитой	ИЭ-9807	Предназначен для защиты от замыканий на землю и поражения током при работе с электроустановками трехфазного и однофазного тока с заземленной нейтралью	Напряжение 220/380 В, сила тока нагрузки 16,25 и 40 А. Принцип действия защиты — отключение. Масса 3,5 кг	Завод «Электроинструмент», Выборг
Соединение штепсельное двухполюсное	ИЭ-9903	Предназначено для подключения электрических машин к питающей сети, а также наращивания токопроводящего кабеля	Напряжение 250 В, ток однофазный, сила тока 10 А. Масса 136 кг	Производственное объединение «Электроинструмент», Ростов-на-Дону
Устройство защитно-отключающее	ИЭ-8801	Предназначено для защиты от поражения током при работе с электроустановками	Напряжение 220/380 В, частота тока 50 Гц, продолжительность срабатывания защиты 0,05 с. Мощность обслуживаемого электродвигателя 4/2,2 кВт. Масса 3,5	Завод «Электроинструмент», Выборг
То же	ИЭ-9801А	То же	То же	То же
»	ИЭ-9802	Предназначено для защиты от поражения током при пробое фазы на корпус электроинструмента, а также для дистанционного управления двигателем	Напряжение 220/380 В, частота 50 Гц, время срабатывания защиты 0,05 с. Мощность обслуживаемого электродвигателя 4/2,2 кВт. Масса 4 кг	»

Таблица 90. Техническая характеристика сверлильных машин

Индекс машины	Наибольший диаметр, мм	Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	Привод			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Мощность, кВт	Расход сжатого воздуха, $м^3/с$	Давление, МПа			
ИП-1019	12	33,3	0,44	0,014	0,49	1,7	17	Завод «Пневмостроймашина», Москва
ИП-1020 *	12	33,3	0,44	0,014	0,49	1,9	13	То же
ИП-1021 *	14	6,6	0,59	0,016	0,49	2,6	18,6	»
ИП-1022	14	16,6	0,59	0,016	0,49	2,6	19	»
ИП-1023	20 и 25	141,6	0,88	0,02	0,49	5,4	66	»
ИП-1016А	32	7,5	1,8	0,033	0,49	8,3	42	Производственное объединение «Пневмостроймашина», Свердловск
ИП-1103А угловая	32	7,5	1,8	0,033	0,49	7,5	43	То же
ИП-1011 **	9	23,3	0,45	0,022	0,49	1,0		Завод «Пневматика», Ленинград
ИП-1104 угловая **	9	23,3	0,4	0,024	0,49	1,36		То же
ИП-1012А	23	4,9	1,3	0,04	0,49	8,0		»
ИП-1014Б	32	3,6	2,5	0,015	0,49	10,0		»
ИП-1024	13	18,3	0,52	0,016	0,49	2,8	50	Конаковский завод механизированного инструмента

* Выпускается со Знаком качества.
** Поставляется в комплекте с трехкулачковым патроном.

Таблица 91. Техническая характеристика шлифовальных машин

Индекс машины	Диаметр круга, мм	Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	Привод			Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Мощность, кВт	Расход сжатого воздуха, $м^3/с$	Давление, МПа			
ИП-2009А *	63	201,6	0,44	0,014	0,49	1,9	13,5	Завод «Пневмостроймашина», Москва
ИП-2015	100	126,6	0,7	0,02	0,49	3,5	29	Конаковский завод механизированного инструмента
ИП-2203 *	125	76,3	1,3	0,026	0,49	4,3	27	Производственное объединение «Пневмостроймашина», Свердловск
ИП-2014	150	85	1,3	0,03	0,49	5,5	39	Конаковский завод механизированного инструмента
ИП-2204А	180	141,6	1,47	0,033	0,49	4,5	25	То же
ИП-2013 **	63	150	0,6	0,024	0,49	2,0	18	Завод «Пневматика», Ленинград

* Выпускается со Знаком качества.
** Выпускается в сборе с антивибрационным устройством.

Таблица 92. Техническая характеристика гайковертов

Индекс машины	Максимальный диаметр резьбы, мм	Момент затяжки, Н·м	Привод			Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Расход сжатого воздуха, $м^3/с$	Давление, МПа	Масса, кг		
ИП-3111	12	63	0,011	0,49	2	16	Завод «Пневмостроймашина», Москва
ИП-3112	14	100	0,011	0,49	2,2	16	То же
ИП-3207	14	100	0,011	0,49	2,6	20	»

Индекс машины	Максимальный диаметр резьбы, мм	Момент затяжки, Н·м	Привод			Оптовая цена, руб.	Изготовитель
			Расход сжатого воздуха, м³/с	Давление, МПа	Масса, кг		
ИП-3113	18	250	0,014	0,49	3	17	Завод «Пневмостроймашина», Москва
ИП-3114	20	250—400	0,14	0,49	4,5	15	То же
ИП-3106А *	27—36	800; 1250; 1600	0,017	0,49	9	59	Производственное объединение «Пневмостроймашина», Свердловск
ИП-3205А *	27—36	800; 1250; 1600	0,017	0,49	9,7	61	То же

* Выпускаются со Знаком качества.

Таблица 93. **Техническая характеристика ножниц**

Наименование показателей	Единица измерения	МП-5502 вырубные	ИП-5401Б ножевые	ИП-5401А ножевые
Наибольшая толщина разрезаемого металла	мм	2,5	2,5	2,5
Число двойных ходов в 1 мин	—	1500	2000	2000
Расход сжатого воздуха	м³/с	0,014	0,013	0,013
Масса	кг	3	2,8	2,8
Оптовая цена	руб.	50	50	23
Изготовитель	—	Конаковский завод механизированного инструмента		Завод «Пневмостроймашина», Москва

Таблица 94. Техническая характеристика пневматических клепальных молотков

Наименование показателей	Единица измерения	56-КМП-3	КЕ-16	КЕ-19	КЕ-22	КЕ-28	КЕ-32	ЭП-1059	МКП-6
Наибольший диаметр стальной заклепки	мм	3	16	19	22	28	32	5	5
Энергия удара	Дж	49,0	122,5	205,8	264,6	294,0	272,4	—	—
Частота ударов в 1 мин	—	1800	1900	1500	1100	950	800	2300	2000
Рабочее давление воздуха	МПа	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Мощность	кВт	—	0,62	0,62	0,65	0,67	0,7	—	—
Расход воздуха	$м^3/с$	0,001	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,004	0,008
Диаметр рукава (внутренний)	мм	9	16	16	16	16	16	13	13
Габаритные размеры:									
длина	мм	150	309	361	411	461	511	235	254
ширина	»	40	80	80	80	80	80	55	54
высота	»	165	240	240	240	240	240	162	162
Масса (без наконечника)	кг	1,1	7,6	8,5	9,5	10,6	11,5	2,15	1,4
Изготовитель	—	Завод пневмоаппаратов и пневмоавтоматики, Москва	Томский электромеханический завод				Завод им. Лихачева, Москва		

Таблица 95. Техническая характеристика пневматических рубильных молотков

Наименование показателей	Единица измерения	МР-4	МР-5	МР-6	Р-1	Р-2	Р-3	РПМЗ-0	РПМЗ-2	ЭП-1027	ЭП-1027 (укороченный)	ЭП-1059
Энергия удара	Дж	88,2	117,6	156,8	117,6	137,2	156,8	60,7	188,1	107,8	88,2	—
Частота ударов в 1 мин	—	3500	2200	1600	2700	2150	1600	3000	1840	2200	2400	2300
Рабочее давление воздуха	МПа	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,36
Мощность	кВт	0,5	0,44	0,44	—	—	0,44	—	—	—	—	—
Расход воздуха	$м^3/с$	0,014	0,013	0,013	—	—	0,013	0,004	0,011	0,009	0,009	0,004
Диаметр рукава (внутренний)	мм	16	16	16	16	16	16	12	12	13	13	13

Наименование показателей	Единица измерения	МР-4	МР-5	МР-6	Р-1	Р-2	Р-3	РПМЗ-0	РПЗМ-2	ЭП-1027	ЭП-1027 (укороченный)	ЭП-1059
Длина (без наконечника)	»	305	355	410	320	350	400	270	365	300	275	235
Масса (без наконечника)	кг	4,2	4,9	5,6	4,9	5,3	5,8	3,2	6,6	5,35	4,8	2,15
Изготовитель	—	Томский электромеханический завод			Ижевский машиностроительный завод			Уральский вагоностроительный завод, Нижний Тагил		Завод им. Лихачева, Москва		

Таблица 96. Техническая характеристика передвижных компрессоров

Наименование показателей	Единица измерения	СО-2	С-39А	СО-7	СО-62	С-728
Подача	$м^3/с$	0,08	0,04	0,08	0,08	0,12
Рабочее давление наибольшее	МПа	0,4	0,7	0,7	0,7	0,6
Вместимость ресивера	л	22	24,5	22	24	35
Диаметр цилиндров	мм	78	67,5	78	81,88	108
Ход поршня	»	85	75	85	64	70
Частота вращения	$с^{-1}$	13,3	13,3	15,8	25,0	15,0
Электродвигатель:						
модель	В	А42/4	А42/4	А52/6	А02/41-4	А51/4
напряжение	—	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220
мощность	кВт	2,8	2,8	4,5	4,2	4,5
Габаритные размеры:						
длина	мм	1175	1200	1050	900	1200
ширина	»	430	490	480	580	580
высота	»	840	900	910	700	1000
Масса (сухая)	кг	154	122	205	160	235
Изготовитель	—	Вильнюсское производственное объединение строительно-отделочных машин				

Таблица 97. Техническая характеристика

Эскиз	Диаметр болта, мм	S	b	R
	12	$19,2^{+0,3}$	17	14
	16	$24,2^{+0,3}$	21	17
	18	$27,2^{+0,3}$	24	20
	20	$30,2^{+0,3}$	24	20
	22	$32,2^{+0,3}$	27	23
	24	$36,2^{+0,3}$	27	23
	27	$41,2^{+0,3}$	31	26
	30	$46,2^{+0,3}$	35	29

Таблица 98. Техническая характеристика

Эскиз	Длина болта, мм	Раз			
		S	L	l	l_1
	16	$24,2^{+0,3}$	400	36	164
	18	$27,2^{+0,3}$	450	39	211
	20	$30,2^{+0,3}$	450	39	211
	22	$32,2^{+0,3}$	450	42	208
	24	$35,2^{+0,3}$	450	42	208
	27	$41,2^{+0,3}$	500	45	255
	30	$46,2^{+0,3}$	500	47,5	252,5

* Здесь и далее: сборочно-монтажный инструмент, изготовляемый в мастерских мон-

сборочных ключей

Размеры, мм															Масса, кг	
R_1	R_2	R_3	C	E	T	l	l_1	l_2	l_3	l_4	F	d	d_1	H	прямого	изогнутого
22	19,3	11	2,8	7,0	8	350	55	160	39	50	22	16	6	10	0,36	0,4
27	23,8	45	3,4	8,7	10	375	55	170	48	58	27	17	7	12	0,44	0,5
32	27,9	55	4,0	10,0	14	400	65	180	56	65	32	19	8	16	0,90	1,0
32	27,9	55	4,0	10,0	14	400	65	180	56	65	32	19	8	16	1,00	1,1
36	31,6	62	4,6	11,4	16	435	73	190	63	73	36	21	9	18	1,37	1,5
36	31,6	62	4,6	11,4	16	435	73	190	63	73	36	21	9	18	1,85	1,6
41	35,5	66	5,2	12,5	18	450	82	200	72	82	41	23	10	20	1,93	1,7
44	37,4	68	6,0	13,5	20	500	85	210	79	95	46	25	12	22	2,04	2,25

накидного ключа

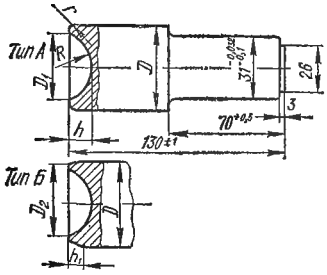
меры, мм									Масса, кг
l_2	M	D	d_1	d	H	R	F	T	
200	85	72	6	17	12	40	36	10	0,76
200	90	78	6	19	16	41	36	14	1,21
200	90	78	6	19	16	41	36	14	1,25
200	95	84	6	21	18	28	36	16	1,75
200	95	84	6	21	18	28	36	16	1,75
200	100	90	7	23	20	29	41	18	1,91
200	105	95	7	25	22	32	46	20	2,31

тажных управлений,

Таблица 99. Техническая характеристика

Эскиз	Диаметр болта, мм	Раз			
		S	D	D_1	d
	12	$19,2^{+0,3}$	25,4	40	20
	16	$24,2^{+0,3}$	31,2	45	24
	18	$27,2^{+0,3}$	36,9	50	28
	20	$30,2^{+0,3}$	36,9	50	28
	22	$32,2^{+0,3}$	41,6	55	32
	24	$36,2^{+0,3}$	41,6	55	32
	27	$41,2^{+0,3}$	47,3	60	36
	30	$42,2^{+0,3}$	53,1	70	40

Таблица 100. Техническая характеристика обжимок для пневматических клепальных молотков



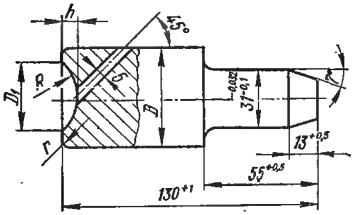
Диаметр поставленной заклепки, мм	Размеры изделия, мм						Размеры заготовки, мм		Масса, кг	
	D	D_1	D_2	h	h_1	R	диаметр	длина	заготовки	изделия
16	45	28,3	32	9,25	25	15,4	45	135	1,68	1,13
19	45	33,2	37	11	10	18,0	45	135	1,68	1,11
22	50	38,2	44	13	9	20,5	50	135	2,08	1,25
25	55	43,1	49	15	8	23,0	55	135	2,50	1,42
28	60	48,8	55	17	8	26,0	60	135	3,00	1,59

Примечание. При обычном способе клепки применяются обжимки типа А в случае клепки с обкаткой головки — типа Б.

торцового ключа

меры, мм						Длина рукоятки, мм	Масса, кг
d_1	l	H	h	R	M		
10	350	35	23	45	150	385	0,8
14	400	40	30	50	165	437	1,35
18	450	45	35	55	180	500	2,1
18	450	45	35	55	180	500	2,0
22	500	50	40	60	195	542	3,0
22	500	50	40	60	195	542	2,9
26	550	55	45	65	210	582	4,0
26	550	55	45	65	210	582	4,2

Таблица 101. Техническая характеристика обжимок для пневматических поддержек



Диаметр непоставленной заклепки, мм	Размеры, мм					Масса, кг
	D	D_1	h	R	r	
16	45	27	8	15,5	2	1,33
19	45	30	9	18	3	1,31
22	50	36	11	20,5	3	1,42
25	55	41,4	13	23	3	1,62
28	60	46,7	15	26	3	1,85

Примечание. Обжимки для пневматических поддержек изготавливаются из углеродистой инструментальной стали марки У8А по ГОСТ 1435—74, для пневматических клепальных молотков — из стали У8А по ГОСТ 1435—74 или из стали марок 4ХС, 4ХВ26 по ГОСТ 5950—73*.

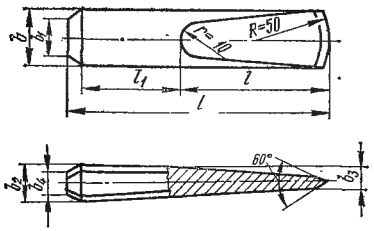


Таблица 102. Техническая характеристика инструмента для рубильно-чеканочных работ

Размеры, мм								Масса, кг
L	l	l_1	b	b_1	b_2	b_3	b_4	
150	80	52	28	23	18	9	12	0,45

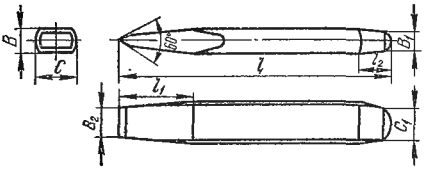


Таблица 103. Техническая характеристика зубила

Размеры, мм								Масса, кг
B	B_1	B_2	l	l_1	l_2	C	C_1	
16	12	20	175	50	8	25	22	0,45
20	16	25	200	60	20	32	28	0,65
24	20	28	220	70	22	35	32	0,85
28	24	32	230	80	22	40	36	1,0

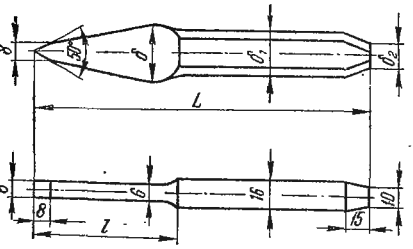


Таблица 104. Техническая характеристика крейцмеселей

Размеры, мм					Масса, кг
L	δ	δ_1	δ_2	l	
210	32	25	18	90	0,53
220	36	28	20	95	0,63
230	40	30	20	100	0,71

Примечание. $d=16$ мм.

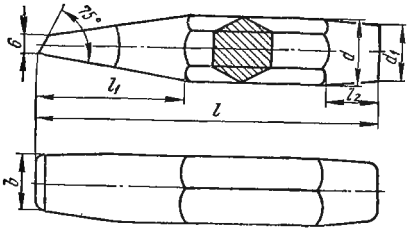


Таблица 105. **Техническая характеристика косяка для срубывания заусенцев**

Размеры, мм						Масса, кг
d	d_1	l	l_1	l_2	b	
26	20	150	65	25	22	0,5
28	20	175	25	25	22	0,6
30	24	200	30	30	26	0,9

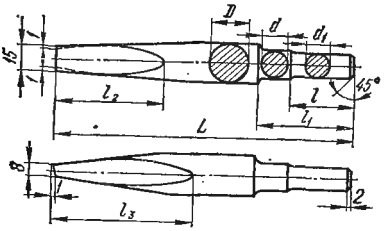


Таблица 106. **Техническая характеристика чеканки для пневматических рубильных молотков**

Размеры, мм								Масса, кг
D	d	d_1	L	l	l_1	l_2	l_3	
25	$17{,}55^{-0{,}02}_{-0{,}07}$	$14{,}8^{-0{,}02}_{-0{,}07}$	190	$40^{+0{,}5}$	60	70	90	0,45

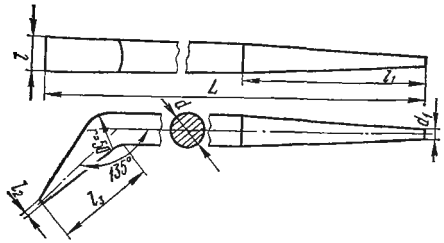


Таблица 107. **Техническая характеристика ломика для сборки**

Размеры, мм							Размеры, заготовки, мм		Масса, кг
L	l	l_1	l_2	l_3	d	d_1	Диаметр	Длина	
1000	30	150	1	70	25	7	25	980	3,4

Таблица 108. **Оправки проходные**

Диаметр отверстия D, мм	Размеры, мм				Размеры заготовки, мм		Масса, кг
	d	d_1	L	l	Диаметр	Длина	
17	12	13	130	60	20	135	0,20
19	13	15	140	70	23	145	0,26
21	16	17	140	70	23	134	0,34
23	17	19	140	70	26	145	0,41
25	18	20	150	80	28	155	0,50
28	21	150	80	80	30	155	0,62

Таблица 109. **Оправки конусные**

Диаметр отверстия, мм	Размеры, мм*					Размеры заготовки, мм		Масса, кг
	D	d	d_1	L	l	Диаметр	Длина	
13	16	8	12	160	80	18	165	0,19
17	19	10	15	180	100	22	185	0,30
21	22	12	17	200	120	25	205	0,44
23	25	14	20	220	140	26	225	0,62
25	28	15	22	230	150	30	235	0,80

* См. эскиз к табл. 108.

ИНСТРУМЕНТ, ПОСТАВЛЯЕМЫЙ В СССР ПО ЛИНИИ СЭВ

Электрическая угловая шлифовальная машина типа Ш предназначена для резки профильного и листового металла, зачистки сварных швов и различных металлических конструкций. Шлифовальная машина состоит из корпуса, в который встроен коллекторный электродвигатель с двойной изоляцией, редуктора, вентилятора для охлаждения двигателя, рукоятки и специального устройства для подавления радиопомех. На конце шпинделя крепится абразивный армированный круг, допускающий окружную скорость 80 м/с.

Техническая характеристика

	Ш-178	*Ш-230*
Наибольший диаметр абразивного круга, мм	178	230
Толщина абразивного круга, мм	2,4; 6,8	2,5; 6,8
Частота вращения шпинделя (с абразивным кругом), $с^{-1}$	141,6	110
Электродвигатель:		
тип	Коллекторный с двойной изоляцией	
мощность тока, Вт	750	1400
род тока	Переменный	
напряжение, В	220	220
Масса (без кабеля и абразивного круга), кг	5,5	5,7

Страна-изготовитель — Народная Республика Болгария

Пневматическая прямая высокооборотная шлифовальная машина А-40 предназначена для шлифования металлических поверхностей, снятия заусенцев, зачистки сварных швов, подготовки кромок под сварку в труднодоступных местах и на криволинейной поверхности.

Техническая характеристика

Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	40
Частота вращения круга, $с^{-1}$	25
Рабочее давление воздуха, МПа	0,49
Расход воздуха, $м^3/с$	0,0008
Масса, кг	0,5
Страна-изготовитель	Польская Народная Республика

Пневматическая угловая высокооборотная шлифовальная машина ВРИ-180 предназначена для резки профильного и листового металла, зачистки сварных швов и различных металлических конструкций.

Техническая характеристика

Абразивный армированный круг, мм:	
диаметр	180
толщина	2; 4; 6; 8
Частота вращения круга, $с^{-1}$	96,6
Рабочее давление воздуха, МПа	0,49
Расход воздуха, $м^3/с$	0,017
Мощность, кВт	1,83
Масса, кг	5,9
Страна-изготовитель	Чехословацкая Социалистическая Республика

СРЕДСТВА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И РЕМОНТА ИНСТРУМЕНТА

Здания панельные сборно-разборные, отапливаемые (ТУ 1554-71) и неотапливаемые (ТУ 36-1028-72), предназначены для размещения производственных

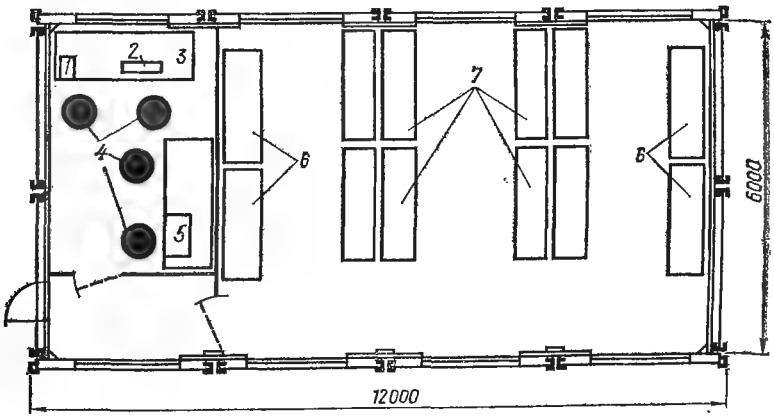


Рис. 32. План расположения оборудования мастерской слесаря-инструментальщика и инструментально-раздаточной кладовой:

1 — электрозаточный станок; *2* — настольно-токарный станок; *3* — верстак слесарный; *4* — рабочее место; *5* — настольно-сверлильный станок; *6* — стеллаж секционный; *7* — стеллаж полочный.

служб линейных подразделений монтажных организаций, в том числе для мастерской слесаря-инструментальщика и инструментально-раздаточной кладовой (рис. 32, табл. 110).

Таблица 110. **Характеристика зданий панельных сборно-разборных**

Наименование показателей	Единица измерения	Отапливаемые		Неотапливаемые	
		Проект 420-09-16	Проект С-1579	Проект 420-09-15	Проект С-1601
Габаритные размеры	мм	12×6,24×4	36×12×5,85	12×6,24×4	36×12,3×5,8
Площадь:					
полезная	м²	70,4	426	70,6	429,6
застройки	»	74,9	443	74,9	443,5
Строительный объем	м³	253	2110	259	2110
Количество панелей	шт.	24	60	24	60
В том числе:					
стеновых		16	36	16	36
кровельных		8	24	8	24
Площадь остекления	м²	16	28,6	11,5	28,6
Масса	кг	12400		5882	26507
Изготовитель	—	Георгиу-Дежский завод монтажных заготовок и металлоконструкций			

Верстак для бригады монтажников изготавливается по ТУ 841-67/ММСС СССР.

Техническая характеристика

Габаритные размеры, мм . . . . . 1840×900×890
Масса (без инструментов), кг 270,0
Стоимость, руб. 102
Изготовитель . . . Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации

Ящики переносные трех- и пятисекционные предназначены для индивидуальных наборов инструмента монтажников. Изготавливаются по ТУ 36-1026-69/ММСС СССР, ТУ 769-71/ММСС СССР.

МОНТАЖ ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Листовые конструкции представляют собой емкости, состоящие из металлических листов и предназначенные для хранения, транспортировки и переработки жидкостей и газов, и характеризуются следующими особенностями:

относительно большой протяженностью соединений, превышающей примерно вдвое протяженность швов обычных металлоконструкций;

прочностью и плотностью (непроницаемостью) сварных швов;

разнообразными условиями эксплуатации: наземными, подземными, под воздействием низких и высоких температур и давления, под действием нейтральных и агрессивных сред;

соединениями встык как основным типом сварных соединений при изготовлении, причем все швы должны выполняться двухсторонней сваркой, односторонней с подваркой корня шва или на подкладке. Монтажные соединения в большинстве — нахлесточные швы.

Основным направлением возведения листовых конструкций является максимально возможное укрупнение элементов на заводах-изготовителях до величины, удовлетворяющей габаритам железных дорог и грузоподъемности подвижного состава.

Требования, предъявляемые к монтажу металлических листовых конструкций, установлены СНиП III-18-75. Монтаж производится на основании проекта производства работ (ППР), составленного специальной проектной организацией, согласованного и утвержденного согласно СНиП.

МОНТАЖ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ

В нашей стране вертикальные цилиндрические стальные резервуары вместимостью от 30 до 50 000 м³ сооружают сварными из отдельных листов или из рулонных заготовок конструкций днища и корпуса. Применение рулонирования позволяет резко сократить объем сборочно-сварочных работ, выполняемых на месте монтажа, по сравнению с полистовым методом, отличающимся большим объемом работ на монтажной площадке по устройству лесов и подмостей, сборке и сварке элементов резервуаров.

Широкое распространение получили вертикальные цилиндрические резервуары, изготавливаемые по ТУ 36-2009-77 (табл. 111). В комплект поставки

Таблица 111. **Техническая характеристика типовых стальных вертикальных резервуаров (ТУ 36-2009-77)**

Вместимость, м³	Диаметр внутренний, мм	Высота, мм	Масса, т		Типовой проект
			без понтона	с понтоном	
			С щитовой кровлей		
100	4730	5960	5,79	8,05	704-1—49
200	6630	5960	8,27	11,00	704-1—50
300	7580	7450	11,2	14,4	704-1—51
400	8530	7450	12,64	16,34	704-1—52
700	10 430	8940	18,44	23,66	704-1—53
1000	10 430	11 920	23,69—26,80	29,97	704-1—66
2000	15 180	11 920	45,86—50,24	53,86—58,09	704-1—55
3000	18 980	11 920	63,66—68,09	77,08—85,62	704-1—56
5000	20 920	14 900	92,71—104,55	112,33—119,50	704-1—67
			Со сферическим покрытием		
10 000	28 500	17 000	174,72—211,01	207,02—224,15	704-1—68
20 000	45 600	11 920	363,95—390,75	439,43—466,23	704-1—70
20 000	39 900	17 900	352,74—398,40	414,24—438,46	704-1—70
30 000	45 600	17 900	445,00—521,30	522,80—576,60	704-1—71
50 000	60 700	17 800	—	744,62	83.039 КМ

Примечания: 1. В общую массу металлоконструкций резервуаров вместимостью до 2000 м³ включена масса кольцевых лестниц, вместимостью от 2000 м³ и выше — масса шахтных лестниц. В общей массе не учтены каркасы для сворачивания в рулоны полотнищ стенки и днища, а также остальные элементы упаковки.

2. Масса металлоконструкций изменяется в зависимости от ветровой и снеговой нагрузок, а также от района строительства.

резервуарных металлоконструкций входят днища и корпус рулонами, покрытие, днище понтона в рулоне, люки газовые и световые, патрубки и лестницы.

Наиболее распространенными конструкциями днищ вертикальных резервуаров являются днища с прямыми или сегментными окрайками. Их средняя, большая часть, собирается из листов стандартных размеров. Развернутые из рулонов полотнища соединяют между собой внахлестку. Крайние листы, называемые окрайками, располагают по окружности днища. На листы окрайков опирается корпус резервуара, и поэтому их поверхность не должна иметь выступов и нахлесточных соединений. Это достигается сваркой сегментных окрайков встык или фигурной вырезкой листов прямых окрайков, которые у края днища сваривают встык на технологической подкладке. Допускается также монтаж днищ из отдельных листов, собираемых и свариваемых на монтажной площадке. В этом случае все листы собирают внахлестку с односторонней сваркой изнутри резервуара, а в местах опирания корпуса окрайки сваривают встык на технологической подкладке.

Рулонированное полотнище корпуса резервуара поставляется на объект со следующими допусками на изготовление:

По ширине полотнища, т. е. по высоте резервуара при соединении листов полотнища встык, мм . . .	±10
То же, внахлестку, мм	±16
По длине полотнища, т. е. диаметру резервуара при монтажном замыкающем шве нахлесточном, мм . .	+50; —0
То же, стыковом, мм	+20; —0

Монтажный замыкающий вертикальный стык полотнища корпуса предусматривается в большинстве резервуаров нахлесточным с двухсторонней сваркой сплошными швами на всю длину корпуса. Нахлестка составляет 70—80 мм.

Покрытие резервуаров выполняют коническим с уклоном 1 : 20 или пологим сферическим. Ввиду трудоемкости изготовления и монтажа конической крыши, несущие конструкции которой состоят из ферм, прогонов, радиальных балок и связей, разработана и применяется кровля, собираемая из крупноразмерных щитов заводского изготовления, представляющих собой каркас из прокатных двутавров и швеллеров, к которому приварен листовой настил толщиной 2,5 мм. Применение щитовой кровли позволяет значительно уменьшить количество монтажных элементов и ускорить монтаж.

В центре резервуаров щиты опираются на центральную стойку. Для этого в резервуарах от 1000 до 5000 м^3 используют трубы сечением 630×8, 900×6 и 1020×6 мм. Для предотвращения отрыва стойки от днища ее заполняют песком.

Конструкции вертикальных резервуаров не рассчитаны на повышенное давление и вакуум (внутреннее избыточное давление 1960, вакуум 24,5 Па), в связи с чем потери продуктов от испарения велики. Для их уменьшения применяют вертикальные цилиндрические резервуары со стальными понтонами. Внутри резервуара на поверхности продукта плавает понтон, в центре которого имеется отверстие — через него проходит центральная стойка резервуара. Основные части понтона: плоское днище из стали толщиной 3 мм, двойное кольцо из сегментных коробов, центральное кольцо и затвор из прорезиненного бельтинга. В резервуаре с понтоном почти нет газового пространства, поэтому там не устанавливают дыхательную и предохранительную аппаратуру.

В настоящее время действуют типовые проекты вертикальных цилиндрических резервуаров, возводимых методом рулонирования со щитовой кровлей для хранения: нефтепродуктов, предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур,— вместимостью от 100 до 20 000 м^3 (типовые проекты 704-1-19÷704-1-29); агрессивных химических продуктов — резервуары из нержавеющей стали вместимостью от 30 до 10 000 м^3 (типовые проекты 705-4-16÷705-4-28); растительных масел — вместимостью 200—1000 м^3 (номер 2452 КМ, разработанный ЦНИИПпроектстальконструкция) и др.

Цилиндрические резервуары вместимостью 50 000 м^3 со стенками толщиной до 30 мм еще до недавнего времени в основном сооружались методом полисто-

вой монтажной сборки, так как сворачивание листов толщиной свыше 17 мм затруднено, в связи с чем на монтажных площадках выполняется значительный объем сварочных работ (около 5 км монтажных швов). В 1978 г. впервые в практике отечественного резервуаростроения сооружено из рулонных конструкций два цилиндрических вертикальных резервуара вместимостью по 50 000 м³ с плавающей кровлей. Конструкция резервуара разработана ЦНИИПроекстальконструкцией (проект 83039 КМ).

Для хранения некоторых сжиженных газов и кислот при отрицательных температурах и атмосферном давлении сооружают изотермические резервуары. Для сохранения минусовой температуры хранящегося продукта, которая поддерживается компрессорными установками, днище, стенки и крышу резервуаров изолируют различными термоизоляционными конструкциями. Испарившийся газообразный продукт забирают компрессорами и в охлажденном сжиженном виде возвращают обратно в резервуар.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РЕЗЕРВУАРОВ

Подготовительные работы. С заводов металлоконструкций рулонные заготовки и другие конструкции отгружают на объекты строительства на железнодорожных платформах. На местах выгрузки рулонов устраивают разгрузочные площадки с наклонной эстакадой или пологим пандусом, дающими возможность разгружать их с платформы и погружать на трайлеры или в сани. Рулоны имеют обозначения несмываемой краской центра тяжести и мест строповки.

В зависимости от наличия тракторов (двух или одного) разгружают рулоны двумя следующими способами (рис. 33):

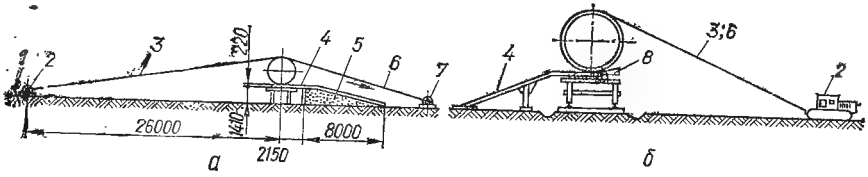


Рис. 33. Разгрузка рулона корпуса резервуара с железнодорожной платформы: *а* — двумя лебедками или тракторами; *б* — одним трактором; *1* — якорь; *2* — тормозная лебедка грузоподъемностью 5 т (или трактор); *3* — тормозной трос; *4* — балки съемные; *5* — деревоземляная эстакада; *6* — тяговый трос; *7* — тяговая лебедка грузоподъемностью 3 т (или трактор); *8* — клин.

1-й способ. Одним концом каната рулон охватывают петлей по центру тяжести и обматывают тремя витками, другой конец крепят к тормозному трактору. Второй канат закрепляют также одним концом петлей за рулон со стороны толстых листов на 500—800 мм от торца и обматывают вокруг рулона. Количество свободных витков зависит от длины пути, на который перемещается рулон при стыковании. Другой конец каната закрепляют к тяговому трактору. Тракторы располагают по обе стороны железнодорожной платформы.

Тормозной трактор натягивает канат, при этом из-под рулона выбивают клинья. После этого тяговый трактор натяжением каната скатывает рулон с платформы. В это время тормозной трактор, двигаясь к платформе, обеспечивает необходимое торможение скатываемому рулону. Для передвижения и торможения применяют стальной канат диаметром 21,5 мм. При разгрузке большого количества рулонов целесообразно установить две лебедки.

2-й способ. При наличии одного трактора рулон охватывают петлей по центру тяжести и обматывают тремя витками каната. Другой конец каната закрепляют к трактору, который, передвигаясь к платформе, спускает рулон по наклонной эстакаде.

Для обеспечения безопасности работ при разгрузке рулонов с железнодорожной платформы необходимо, чтобы тормозной трактор находился на рас-

стоянии не менее 26 м от оси железнодорожного пути, а тяговый — на расстоянии 25—30 м от оси железнодорожного пути и на 4—5 м в сторону от наклонной эстакады, при этом они должны работать согласованно. Разгружать следует под руководством ответственного лица.

Транспортируют рулоны от разгрузочной площадки на приобъектный склад или к месту монтажа на трайлерах или санях, а при наличии ровной грунтовой дороги разрешается их транспортировка перекатыванием. Месторасположение склада, его размеры, распределение площадей для хранения конструкции и проездов, типы стеллажей, способы погрузки и разгрузки определяются ППР.

На приобъектном складе производится приемка конструкции. Допускаемые отклонения, мм, от проектных размеров конструкций резервуаров составляют:

Серповидность верхней кромки полотнищ . . .	±10 на длине 18 м
Длина радиальных балок плоских щитов покрытия	±7
Отклонение от прямолинейности балок щитов покрытия	Не более 8 на длине 10 м
Разность радиусов гиба балок сферических покрытий	±15
Диаметр полотнища днищ	+1/750, но не более 20 мм
Длина отправочного элемента и поперечного сечения	+2

До начала монтажа на площадке должны быть выполнены все подготовительные работы, в том числе устройство и приемка основания под резервуар и фундаментов под шахтную лестницу, подвод электроэнергии, подвод и отвод воды для гидравлических испытаний и др.

В процессе приемки основания под резервуар и фундаментов под лестницу следует проверить правильность разбивки осей резервуара и отметки поверхности гидроизолирующего слоя основания. Отклонения фактических размеров оснований и фундаментов резервуаров от проектных, мм, не должны превышать следующих величин (СНиП III-18-75):

Отклонение отметки центра основания от проектной при:	
плоском	0; +30
с подъемом к центру	+50
с уклоном »	—50
Отклонение от проекта отметок периметра основания, определяемых в зоне расположения окраек не реже чем через 6 м и не менее чем в восьми точках	±10
Разность отметок любых не смежных точек основания, не более	20
Отклонение от проекта отметок поверхности кольцевого фундамента, определяемых не реже чем через 6 м и не менее чем в восьми точках . . .	±5
Разность отметок любых не смежных точек кольцевого фундамента, не более	10
Отклонение от проекта наружного диаметра кольцевого фундамента	+50; —30
Толщина гидроизолирующего слоя на бетонном кольце в месте расположения стенки резервуара	Не более 5

На принятом основании разбиваются продольная и поперечная оси днища.

Монтаж резервуаров вместимостью 100—10 000 м³. Вначале собирают днища из рулонных заготовок непосредственно на основании. Разворачивают с помощью тракторов, лебедок и стальных канатов следующими методами: с помощью каната, охватывающего рулон петлей; с помощью каната, охватывающего рулон, один конец которого закрепляется на крюке тракторной лебедки, другой конец — на трубе приспособления.

Корпуса резервуаров вместимостью 10 000 м³ поставляют двумя рулонами, навернутыми на специальные кольца; 5000—3000 м³ — одним рулоном, навернутым на шахтную лестницу; 1000—300 м³ — одним рулоном, навернутым на центральную стойку.

Монтаж корпусов обычных резервуаров из рулонов выполняется в следующей последовательности: подготовка рулона к подъему; подъем рулона в вертикальное положение. Вслед за этим поднимают и устанавливают в проектное положение центральную стойку; разворачивание рулона с одновременным монтажом конструкций покрытия; замыкание монтажного стыка (при развороте двух рулонов — двух монтажных стыков).

Комплект необходимых механизмов, такелажной оснастки и приспособлений для монтажа резервуаров вместимостью 1000—5000 м³ из рулонных заготовок включает:

Разгрузка рулонов с железнодорожных платформ	Наклонная эстакада, два трактора С-100 или ручные лебедки грузоподъемностью 5 т
Разгрузка прочих конструкций	Автомобильный кран грузоподъемностью 3—5 т
Транспортировка рулонов и прочих конструкций к месту монтажа	Трайлер с удлиненной площадкой или металлические сани, трактор С-100
Разворачивание рулонов днища и понтона	Трактор С-100, якорь грузоподъемностью 5 т
Установка рулонов в вертикальное положение	Два трактора С-100, шевр с комплектом канатов, поворотный шарнир, поддон, мачта жесткости, захват, якори грузоподъемностью 20 и 5 т (2 шт.)
Разворачивание рулонов корпуса	Клиновой упор, замыкающее устройство, захватная скоба

В подготовку рулона к подъему входят операции: закатывание рулона на днище с правильной ориентацией его положения, опирание нижнего пояса на поворотный шарнир, установка поддона, подготовка и размещение такелажной оснастки и механизмов и др. В период подготовки рулона к подъему при толщине стенки до 8 мм к нему на расстоянии 800 мм от вертикальной кромки приваривают лестницу, придающую жесткость начальной кромке полотнища при развороте.

Поднимать рулоны в вертикальное положение можно тремя способами: самоходным краном методом скольжения; самоходным краном и шарниром методом поворота вокруг шарнира; «падающим» шевром и шарниром.

Первым методом рекомендуется поднимать рулоны корпусов резервуаров вместимостью до 1000 м³ при наличии кранов необходимой грузоподъемности. Второй метод рекомендуется применять при наличии самоходных кранов сравнительно небольшой грузоподъемности для монтажа рулонов большой массы. Третий — подъем корпуса резервуара методом поворота вокруг шарнира с помощью падающего А-образного шевра (рис. 34) — позволяет поднимать рулоны любой массы и габаритов.

Центральную стойку рекомендуется монтировать после установки рулонов корпусов в вертикальное положение. Подъем и установку стойки выполняют следующими двумя способами: скольжением с помощью крана при условии, что вылет стрелы и грузоподъемность крана позволяют это осуществить без наезда крана на днище резервуара; методом поворота стойки вокруг шарнира с помощью крана или трактора.

Разворачивание рулона корпуса. Перед разворачиванием рулона к днищу по кольцу приваривают ограничители из уголка с интервалом 300 мм. Уголки устанавливаются одной из полок по кольцевой риске, а другая полка направлена по радиусу основания.

Разворачивают рулон корпуса с помощью трактора и стального каната с тяговой скобой, которая приваривается к рулону на высоте 500 мм. После разворота корпуса на 5—6 м его прижимают к ограничительным уголкам и закрепляют прихватками к окрайкам днища. На расстоянии 800 мм от кромки рулона полотнище расчаливается двумя оттяжками, одна из которых идет на инвентарный якорь грузоподъемностью 1—2 т, другая — к нижнему ободу центральной стойки.

В процессе разворота монтируют конструкции покрытия. Этим обеспечивается устойчивость корпуса. Если конструкции покрытия по какой-либо при-

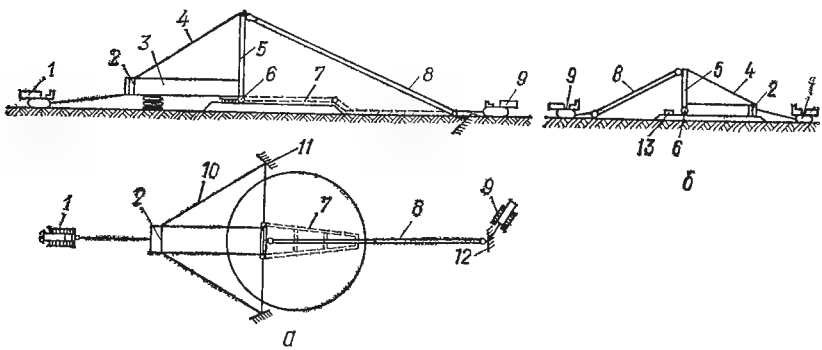


Рис. 34. Схема подъема рулона в вертикальное положение:

а — рулон лежит на днище только нижним краем; *б* — рулон полностью лежит на днище; *1* — трактор тормозной; *2* — строп; *3* — рулон; *4* — тяга; *5* — шевр; *6* — шарнир; *7* — шевр для подъема в вертикальное положение; *8* — полиспаст; *9* — трактор тяговый; *10* — боковые расчалки; *11* — якорь боковых расчалок; *12* — якорь; *13* — поддон.

чине нельзя устанавливать сразу по мере разворота рулона, то развернутое полотнище корпуса следует раскрепить расчалками.

Для подъема щитов покрытия применяют автомобильные или пневмоколесные краны с удлиненной стрелой, перемещающиеся по днищу, или гусеничные краны, перемещающиеся снаружи резервуара. Первый щит устанавливают, когда корпус резервуара развернут на 5—6 м, причем в первую очередь укладывают начальный щит, имеющий две несущие балки, затем промежуточные, имеющие по одной несущей балке, и в последнюю очередь укладывается замыкающий щит, не имеющий несущих балок. Все щиты при установке вначале опускают вершиной на центральную стойку, закрепляют к ней болтами, после чего опускают основание щита с ловителями на стенку резервуара. Щиты прихватывают к корпусу резервуара и между собой. Последний щит устанавливают после сборки и сварки вертикального замыкающего стыка корпуса.

Монтаж резервуаров с понтоном и плавающей кровлей. Отличается следующими особенностями. Днище понтона разворачивают на днище резервуара, в центре днища понтона вырезают отверстие для установки центральной стойки. На днище резервуара размечают положения для сегментных коробов понтона. В процессе разворота рулона корпуса монтируют и заваривают конструкции понтона. Для опирания понтона к корпусу приваривают поворотные кронштейны, которые перед подъемом понтона поворачивают и прижимают к корпусу резервуара. Наливом воды выше указанных кронштейнов на 100 мм поднимают понтон, после чего кронштейны поворачивают и устанавливают в радиальном направлении. После слива воды понтон опирается по краям на кронштейны, а в центре — на центральную стойку. Под поднятым понтоном ведут сварку потолочных швов, устанавливают постоянные стойки.

Опоры стоек приваривают к днищу, а высоту регулируют по уровню кронштейнов, приподнимая понтон с помощью домкрата или специального винтового приспособления. Отверстие в середине днища понтона закрывают дисками из листового металла, а центральное кольцо приваривают. В понтоне прорезают отверстия и вваривают детали для пропуска пробоотборника, установки светового и замерного люков, люка для прибора замера уровня. Далее устанавливают уплотняющий затвор из прорезиненного бельтинга (рис. 35). Кольцо затвора собирают из заранее заготовленных и прошитых секций. Край каждой секции затвора прикрепляют болтами к обрамляющему уголку понтона. К центральному кольцу понтона крепят диафрагму из бельтинга перекрывающими друг друга лепестками.

Плавающая кровля по конструкции мало чем отличается от понтона. Метод монтажа плавающей кровли аналогичен методу понтонов. В верхней части корпуса резервуаров с плавающей крышей находится кольцевая площадка, которую крепят к корпусу в процессе его разворачивания из рулона. Кроме этого, монтируют дренажную систему плавающей кровли, катучую лестницу и систему уплотняющих затворов. Здесь применяют затворы более сложной конструкции.

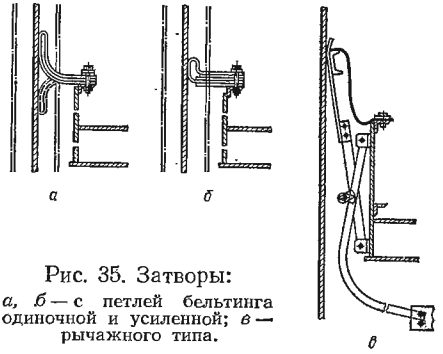


Рис. 35. Затворы:
а, б — с петлей бельтинга одиночной и усиленной; *в* — рычажного типа.

Полистовой монтаж резервуаров вместимостью 30000 и 50000 м³. Корпуса начинают собирать с сегментных окрайков. Зазоры в стыках делают клиновидными: на периферии 4—6 мм, а с внутренней стороны резервуара 10—12 мм. Это делают для предотвращения закрытия зазора от усадки после сварки кольцевого шва. Затем раскатывают рулоны днища и собирают его. Заваривают стыки окрайков на длине 150—200 мм от края, после чего размечают положение первого пояса и собирают его, предварительно зачистив усиление шва в месте примыкания листов пояса к окрайкам. Заваривают вертикальные стыки первого пояса и тавровый шов, соединяющий его с днищем, сваривают стыки окрайков и нахлесточные соединения днища и в таком же порядке раскатывают на нем, собирают и сваривают полотно плавающей кровли. После этого монтируют и сваривают второй и последующие пояса корпуса.

Стыковые соединения собирают при помощи стяжных планок и прокладок с клиньями. Для соединения корпуса с днищем применяют стяжные угловые приспособления с клиньями.

Монтаж изотермических резервуаров. Технология монтажа изотермических резервуаров отличается от технологии монтажа обычных резервуаров в том случае, когда корпус изотермического резервуара двухстенной конструкции. Первый отечественный изотермический резервуар вместимостью 16200 м³ для хранения жидкого аммиака был сооружен из рулонных заготовок в 1978 г. на строительстве Березниковского азотно-тукового завода. Ранее изотермические резервуары импортировались в СССР в виде отдельных царг, собираемых на месте монтажа полистовым методом.

Двухстенный изотермический резервуар вместимостью 16 200 м³ (рис. 36) состоит из внутреннего и наружного корпусов с плоскими днищами, цилиндрическими стенками и сферическими крышами. Внутренняя стенка толщиной 14—10 мм состоит из трех полотнищ, наружная, толщиной 14—10 мм,— из четырех полотнищ, поставляемых на монтажную площадку в виде рулонных заготовок. Расстояние между внутренней и наружной стенкой 900 мм, между днищами 450 мм, между крышами 600 мм. Пространство между стенками изолируют матами из стекловолокна и засыпают перлитным песком, между днищами укладывают изоляцию из пеностекла.

Технология монтажа изотермических резервуаров следующая: монтаж на фундаменте наружного днища; укладка теплоизоляционных блоков на наружном днище; монтаж внутреннего днища; установка вспомогательной, центральной и монтажной стоек; разворачивание рулонов наружной и внутренней стенок; поэлементная контрольная сборка внутренней кровли на стенде, демонтаж и последующий ее поэлементный монтаж на внутренней стенке резервуара при помощи монтажной стойки; монтаж из блоков наружной кровли.

На монтаже изотермического резервуара на строительстве Березниковского азотно-тукового завода технология монтажа несколько иная.

Возведение двухстенного резервуара рекомендуется начинать с монтажа наружного днища. Для этого первоначально выполняют раскладку и сварку на фундаменте окраек днища, затем раскатывают и сваривают полотнище центральной части. Одновременно с монтажом наружного днища начинают сборку на специальном стенде внутренней кровли.

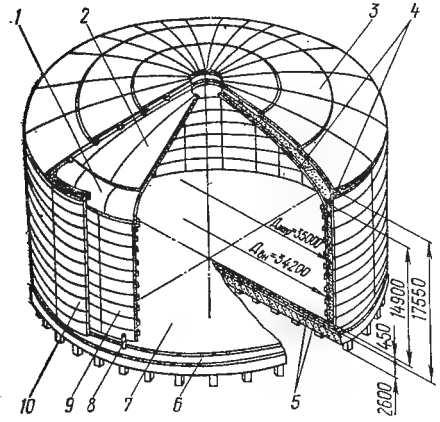


Рис. 36. Изотермический резервуар вместимостью 16 200 м³:

1 — торовая часть внутренней кровли толщиной 20 мм; *2* — внутренняя кровля; *3* — наружная кровля; *4* — засыпка перлитом; *5* — пеностеклоблоки; *6* — наружное днище; *7* — внутреннее днище; *8* — упор; *9* — внутренний корпус; *10* — наружный корпус.

Подъем и разворот рулонов наружного корпуса выполняют по обычной технологии — подъем с помощью крана К-8161, разворот двумя электролебедками. По мере разворота корпуса производят установку верхнего опорного кольца. В период пристыковки, до начала разворота последнего четвертого рулона наружного корпуса, заводятся и устанавливаются в исходные точки разворота все три рулона внутреннего корпуса. Разворот стенки внутреннего корпуса рекомендуется вести непосредственно на днище наружного корпуса без укладки пеностеклоблоков.

Одновременно с монтажом корпусов ведут сборку торовой части и всей кровли внутреннего резервуара. Для сборки тора используют специальную бетонную площадку с закладными уголками, предварительно выверенными по нивелиру.

После окончания монтажа наружной и внутренней стенок, внутренний корпус массой 207 т поднимают с помощью 36-ти винтовых домкратов в проектное положение (450 мм от поверхности наружного днища) и устанавливают на временные опоры. После этого с помощью трех самоходных стреловых кранов поднимают и устанавливают в проектное положение полностью собранную и сваренную кровлю массой 134 т. Установка внутренней кровли изотермического резервуара позволяет создать при необходимости положительную температуру в резервуаре подачей подогретого воздуха, что дает возможность в холодное время года укладывать на наружное днище пеностеклоблоки и осуществлять ультразвуковой контроль сварных швов.

СВАРКА РЕЗЕРВУАРОВ

При монтаже резервуаров особое внимание следует уделять подготовке элементов конструкций под сварку. Места сопряжений необходимо очистить от грязи и ржавчины, удалить влагу.

Сборку соединений производят на прихватках длиной 40—50 мм. Расстояние между прихватками: при сборке листов днищ — 300—500 мм (в местах примыкания поперечных и продольных швов — чаще, в промежутках между ними — реже); в тавровых соединениях корпуса резервуара с днищем — 400—600 мм;

при сборке кровли резервуара — 150—200 мм (длина прихватки 10—20 мм). Прихватки выполняют теми же электродами, которыми по проекту сваривают основной шов. Перед сваркой их необходимо осмотреть, не допуская трещин и незачищенного шлака. Все прихватки, в которых обнаружены трещины, следует удалить.

Размеры зазоров и смещений кромок, мм, допустимые при сборке сварных монтажных соединений резервуаров, приведены ниже:

Для стыковых соединений листов толщиной 4—6 мм:	
зазоры	1—2
смещение кромок	Не более 1
То же толщиной 7—10 мм:	
зазоры	2—3
смещение кромок	Не более 2
Для нахлесточных соединений всех толщин:	
зазоры	2—3
длина нахлестки	+20, —5
Для тавровых соединений всех толщин зазоры	Не более 2

При ручной электродуговой сварке резервуаров применяют электроды типа Э42, Э42А и Э50А, причем для сварки ответственных швов (окрайков, таврового шва корпуса резервуара с днищем, вертикального замыкающего шва и др.) обязательно применение электродов типа Э42А или Э50А — в соответствии с рабочими чертежами резервуаров

Пригодность электродов определяется проверкой сертификатов, а также внешним осмотром и технологическими испытаниями. При внешнем осмотре устанавливают плотность и прочность покрытия, отсутствие или наличие пор, трещин, вздутий и др. При определении технологических свойств электродов путем сварки образцов в тавр и осмотра изломов шва рассматриваются равномерность плавления покрытия, сплошность наплавленного металла. Перед технологическими испытаниями и сварочными работами электроды следует прокалить (просушить) по определенному режиму (табл. 112).

Таблица 112. **Режимы прокалки (сушки) электродов перед сваркой**

Марка электродов	Температура, °С	Время, ч	Марка электродов	Температура, °С	Время, ч
ОММ-5	180—200	1—1,5	ВРС-500	350—380	1
ЦМ-7	200	1	УОНИ 13/45	350—400	0,5
МЭЗ-0,4	180—200	1	УП 1/45	350—400	0,5
			СМ-11	350	1

Сварочные работы при монтаже резервуаров должны осуществляться под руководством инженерно-технического работника, обязанного следить за качеством сборки соединений под сварку, соблюдением технологии сварки, качеством работ, проверкой квалификации сварщиков, а также вести документацию по производству работ.

К сварке допускаются сварщики, прошедшие обучение и испытания и имеющие удостоверения, устанавливающие квалификацию и характер работ, к которым они допущены. Независимо от наличия удостоверения перед допуском к работе на резервуарах они должны пройти технологическую проверку на сварке образцов, аналогичных выполняемым работам, в условиях, тождественных с теми, в которых будут свариваться швы. Образцы разрушают по шву. Результаты считаются удовлетворительными, если будет установлен полный провар по всей длине шва, не будет подрезов глубиной более 0,5 мм и дефектов в изломе (пор, свищей, шлаковых включений). После выполнения работы свар-

Таблица 113. **Технология ручной дуговой сварки резервуаров вместимостью 5000 м³**

Последовательность этапов и технология сварки	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
1. Сварка поперечных швов средней части днища. Общее направление сварки — от швов, расположенных в центральной части днища, к окрайкам. Каждый шов варится от середины к краям обратноступенчатым способом в два слоя. Длина ступени 350—400 мм (рис. 37).	Э42	4	200
2. Сварка продольных швов средней части днища. Общее направление сварки — от швов, расположенных в центральной части днища, к крайним швам. Каждый шов варится от середины к краям обратноступенчатым способом в два слоя. Длина ступени 350—400 мм (рис. 38). При сварке днища с прямыми окрайками продольные швы не следует доваривать до начала окрайков на 700—800 мм	Э42А	4—5	160—200
3. Частичная заварка стыковых швов окрайков днища. Сваривают на длину 100—150 мм со стороны наружной кромки днища в два слоя на технологической подкладке	Э42А	4—5	160—200
4. Частичная сварка замыкающего шва корпуса. Сваривают в нижней части стыка на высоту 250—300 мм от днища в два слоя. Первоначально шов сваривается с внутренней стороны, а затем — с наружной	Э42А	4	160
5. Приварка корпуса резервуара к окрайкам днища. При выполнении таврового шва одним сварщиком сварка ведется участками длиной 4—6 м на диаметрально противоположных участках резервуара. Сварной шов выполняется в два слоя обратноступенчатым способом по участкам с отставанием второго слоя от первого на 30—40 мм. В первую очередь сваривается внутренний шов, затем наружный. Тавровый шов рекомендуется сваривать двум или четырем сварщикам на диаметрально противоположных сторонах	Э42А	4	160
6. Сварка стыковых швов окрайков. Производится в два-три слоя на технологической подкладке с отставанием слоев на 30—40 мм. Последовательность выполнения швов приведена на рис. 39 (поз. 1—12)	Э42А	4—5	160—200
7. Сварка нахлесточных швов окрайков со средней частью днища. Производится в два слоя от середины шва к краям обратноступенчатым способом (рис. 39, поз. 13—24). Перед сваркой рекомендуется срубить прихватки	Э42	4	200
8. Сварка вертикального замыкающего шва корпуса резервуара. В первую очередь выполняется с внутренней, а затем с наружной стороны в два слоя обратноступенчатым способом. Общее направление — сверху вниз, направление каждой ступени — снизу вверх.	Э42А	4	160
9. Сварка щитов кровли между собой. Осуществляется «на спуск» от центра кровли к краям обратноступенчатым способом	Э42	3—4	120—160

Последовательность этапов и технология сварки	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
10. Сварка корпуса резервуара с кровлей. Выполняется на диаметрально противоположных участках длиной 4—6 м обратноступенчатым способом	Э42	4	160
11. Сварка центральной части кровли. Первоначально свариваются две половины центральной части кровли, затем центральная часть кровли приваривается к щитам кровли по периметру обратноступенчатым швом на диаметрально противоположных участках длиной по 800—1000 мм	Э42	4	120
12. Приварка патрубков и лазов к корпусу резервуара. Производится в два слоя обратноступенчатым способом	Э42А	4	160

щик обязан поставить присвоенное ему клеймо на расстоянии 30 мм от края шва через каждый 4—6 м со стороны, доступной осмотру.

Выполнение сварки резервуаров при атмосферных осадках без защиты и просушки мест сварки запрещается. Электроды на рабочем месте должны находиться в таре, исключающей попадание влаги.

Поскольку при сварке резервуаров в условиях низких температур наблюдается повышенная скорость охлаждения, что приводит к быстрой кристализации сварочной ванны, ухудшению проплавления основного металла, образованию холодных трещин и непроваров, то для создания наиболее благоприятных условий сварку ответственных соединений (таврового шва корпуса с днищем, вертикального замыкающего стыка) необходимо производить одновременно с внутренней и наружной сторон, причем с внутренней стороны нужно варить с опережением наружного шва на 300—400 мм. С целью предупреждения трещин, возникающих в кратере, следует сваривать без продолжительных перерывов. Сварка резервуаров при температуре окружающего воздуха — ниже 30° С запрещается.

Сварка резервуаров вместимостью 5000 м³. Во избежание остаточных напряжений и деформаций основные элементы резервуаров сваривают в последовательности и по технологии, приведенной в табл. 113.

Сварку резервуаров вместимостью 10 000 м³ с понтонами рекомендуется выполнять в последовательности и по технологии, приведенной в табл. 114.

Сварка резервуаров вместимостью 50 000 м³. Корпуса резервуаров, свариваемые на месте монтажа из отдельных царг, состоят из девяти поясов толщиной: нижний — 26, следующие — 24, 19, 17, 14 и последние четыре пояса толщиной 12 мм. Первые шесть поясов выполнены из низколегированной стали 09Г2, а последующие из ВСт.3сп. Днище резервуара состоит из средней части толщиной 6 мм, собираемой из четырех рулонов, с которыми стыкуются 32 сегментных окрайка толщиной 14 мм. Плавающая крыша представляет собой полое кольцо (понтон) из 32 герметически сваренных коробов, поддерживающих одинарное металлическое полотно, состоящее из четырех частей.

Нахлесточные швы днища сваривают под слоем флюса трактором ТС-35 с приставкой Н-2 конструкции ВНИИМонтажспецстроя. С помощью специальной приставки Т-2 заваривают этим же трактором тавровый шов, соединяющий первый пояс корпуса резервуара с окрайкой. Остальные монтажные соединения днища выполняют полуавтоматами типа А-1197 или А-765 порошковой проволокой ПП-АН7 или ПП-АН3.

Вертикальные стыковые соединения отдельных царг корпуса резервуара выполняют с принудительным формированием сварочного шва. При этом осо-

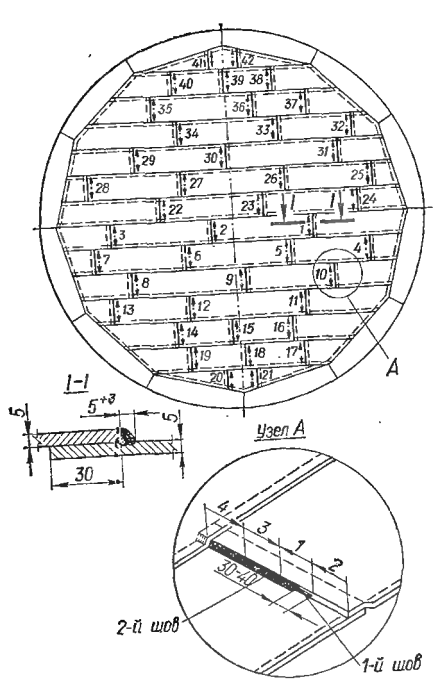


Рис. 37. Последовательность сварки поперечных швов средней части днища (обозначена цифрами).

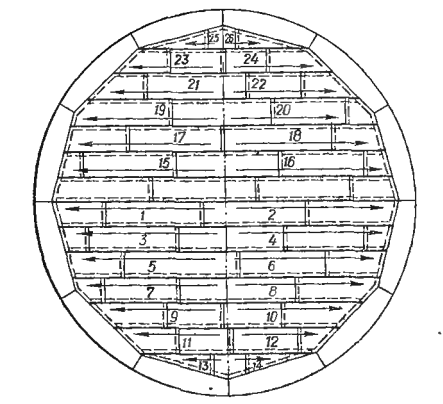


Рис. 38. Последовательность сварки продольных швов средней части днища (обозначена цифрами).

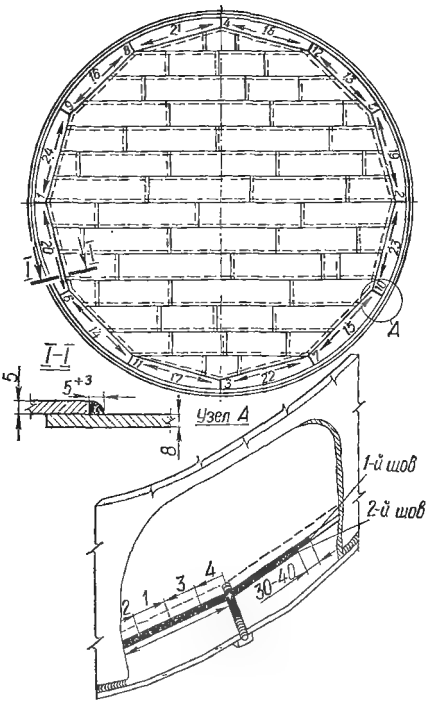
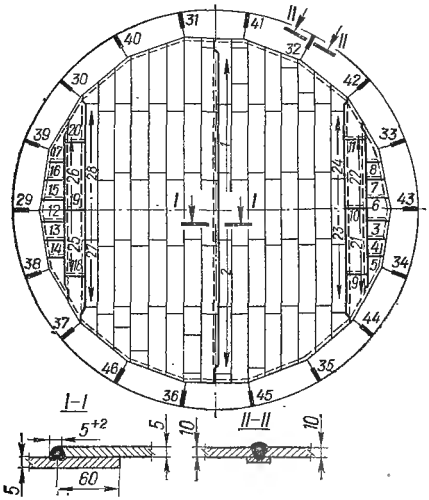


Рис. 39. Последовательность сварки стыковых швов окрайков и окрайков со средней частью днища (обозначена цифрами).

Рис. 40. Последовательность сварки средней части днища (центрального шва — позиции **1—2**; поперечных швов—позиции **3—20**; продольных — позиции **21—28**; частичной сварки стыковых швов окрайков днища — позиции **29—46**).

Таблица 114. **Технология ручной электродуговой сварки резервуара вместимостью 10 000 м³ с понтоном**



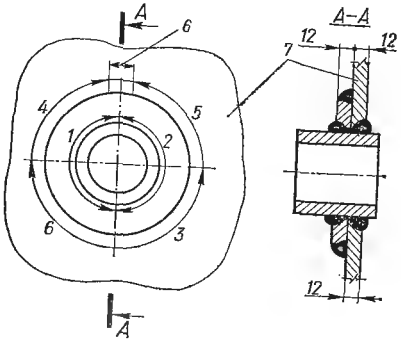


Рис. 41. Последовательность приварки швов к корпусу резервуара (обозначена цифрами):

1—5 — последовательность сварки швов; *6* — участок 100—150 мм следует доварить после испытания на плотность; *7* — корпус резервуара.

Последовательность этапов и технология сварки	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
1. Сварка полотнищ средней части днища. Производится от середины шва к краям обратноступенчатым способом в два слоя. Длина ступени 400—450 мм (рис. 40, поз. 1, 2).	Э42А	4	160
2. Сварка доборных листов средней части днища (рис. 40) — **поперечных** (поз. 3—20) **и продольных швов** (поз. 21—28). Выполняется от середины швов к краям обратноступенчатым способом в два слоя. Длина ступени 400—450 мм	Э42А	4	160
3. Частичная сварка стыковых швов окрайков днища. Производится со стороны наружной кромки днища в два-три слоя на технологической подкладке (рис. 40, поз. 29—46)	Э50А	4	160
4. Сварка полотнищ днища понтона. Нахлесточные швы сваривают от середины шва к концам обратноступенчатым способом в два слоя. У кромок днища нахлесточные швы переходят в стыковые, выполняются на технологической подкладке в два слоя	Э42А	4	160
5. Приварка кольца жесткости к корпусу резервуара с наружной стороны и сварка элементов кольца между собой. Сегменты кольца приваривают по мере разворачивания корпуса резервуара. Первоначально их приваривают к корпусу обратноступенчатым способом, а между собой сваривают после установки щита при помощи соединительных планок	Э42А	4	160
6. Сварка щитов кровли из двух частей. Выполняется в кондукторе. Несущие балки соединяются при по-			

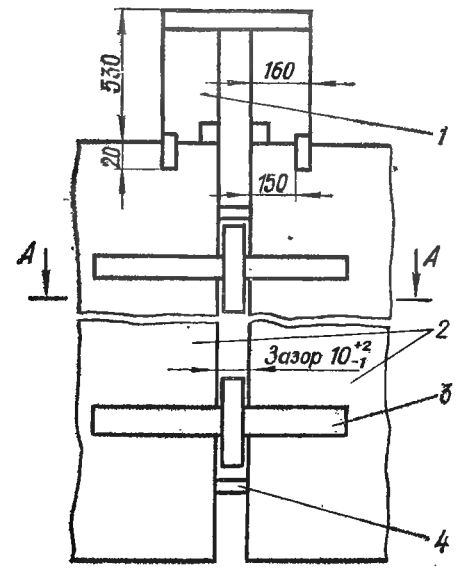
Последовательность этапов и технология сварки	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
мощи стыковых фасонок, сварка нахлесточного шва листового покрытия щита выполняется от середины к краям обратноступенчатым способом	Э42А	3	120
7. Частичная сварка замыкающих вертикальных швов корпуса резервуара. Производится в нижней части корпуса на высоту 250—300 мм от днища. Первоначально заваривается шов с внутренней стороны, а затем — с внешней. Сварка производится в два слоя	Э50А	4	160
8. Приварка корпуса резервуара к днищу. При выполнении таврового шва одним сварщиком сварка осуществляется участками длиной 9—10 м на диаметрально противоположных участках резервуара обратноступенчатым способом в два слоя. В первую очередь выполняется внутренний шов, затем — наружный. Рекомендуется одновременно вести сварку двум или четырем сварщикам с диаметрально противоположных мест	Э50А	4	160
9. Окончательная сварка замыкающих вертикальных швов резервуара. Выполняется в два слоя обратноступенчатым способом. Общее направление сварки — сверху вниз, а направление сварки каждой ступени — снизу вверх. В первую очередь выполняется сварной шов с внутренней стороны, затем наружный	Э50А	4	160
10. Окончательная сварка стыковых швов окрайков днища. Производится в два-три слоя на технологических подкладках	Э50А	4	160
11. Сварка средней части днища с окрайками. Производится в два слоя обратноступенчатым способом от середины к краям	Э50А	4	160
12. Приварка щитов кровли к сегментам кольца жесткости и к центральному кольцу. Производится по мере установки щитов при развороте рулона. Выполняется однослойным швом	Э42	4	160
13. Приварка кровли к корпусу резервуара. Выполняется на диаметрально противоположных участках обратноступенчатым способом в два слоя	Э42	4	160
14. Сварка щитов кровли между собой. Осуществляется «на спуск»	Э42	3	120
15. Приварка стойки понтона к корпусу резервуара. Производится по всей длине стойки с двух сторон прерывистыми швами	Э42	3	150
16. Сварка сегментов понтона между собой. Вначале свариваются смежные сегменты по их нижней кромке в радиальном направлении от середины к краям обратноступенчатым способом, затем по внутренней и наружной вертикальным стенкам	Э42	4	160
17. Приварка коробов понтона к днищу. Производится в нижнем положении от середины сегмента к краям	Э42	4	160
18. Приварка опорных стоек понтона к днищу резервуара. Осуществляется по периметру основания стойки однослойным швом	Э42	4	160

Последовательность этапов и технология сварки	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
19. Приварка коробов понтона к днищу понтона с наружной стороны. Выполняется после установки понтона на опорные стойки прерывистым швом 4×80/240	Э42	3	120
20. Приварка к корпусу резервуара. Выполняется в два слоя. Последовательность сварки приведена на рис. 41	Э50А	4	140

бое внимание уделяется подготовке кромок под сварку. С помощью специальных сборочных приспособлеиий (рис. 42) обеспечиваются параллельность кромок и равномерный зазор (10—12 мм) между свариваемым металлом. В начале и конце стыка устанавливают выводные планки и монтажные скобы. Депланация листов после снятия сборочного приспособления не должна превышать 1 мм.

Сварка вертикальных швов выполняется порошковой проволокой ППВ-2ДСК диаметром 2,35 мм или голой проволокой Св-08ГА. В первом случае сварка выполняется аппаратом А-1150У, перемещающимся по шву с помощью клиновидных фрикционных роликов. Скорость подачи порошковой проволоки регулируют сменными шестернями и реостатом. Сварной шов формируется между медными ползунами (рис. 43), охлаждаемыми водой по замкнутой системе. Для обеспечения нормального качества шва нужно поддерживать уровень ванны на расстоянии 10 мм от верхнего торца медных пластин. Источником сварочного тока служат преобразователи ПСГ-500 или выпрямители ВДУ-504.

Режимы сварки следующие: сила тока 270—400А, напряжение на дуге 24—30В, скорость сварки 4—6 м/ч.



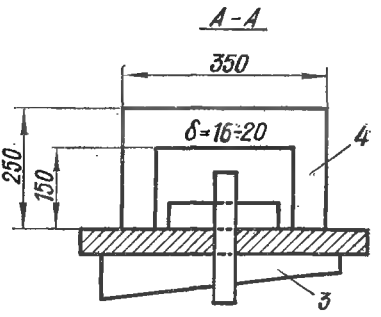


Рис. 42. Сборочные приспособлеиия для подготовки стыка под сварку порошковой проволокой с принудительным формированием:

1 — выводная планка; *2* — свариваемые листы; *3* — клиновой зажим; *4* — сборочная скоба.

При сварке вертикальных швов голой проволокой с принудительным формированием применяют автомат А-820 М. Сварку выполняют под флюсом АНК Ф-28. Зазор в стыках устанавливают 12 мм+2 мм.

Для резервуаров с плавающей крышей, корпус которых должен быть выполнен очень точно, практикуется ручная сварка вертикальных швов в разброс, что обеспечивает более равномерную усадку и уменьшает деформацию стыка.

Горизонтальные кольцевые швы между поясами выполняют автоматической сваркой голой проволокой Св-08Г2С, порошковой проволокой в среде углекислого газа или ручной дуговой сваркой.

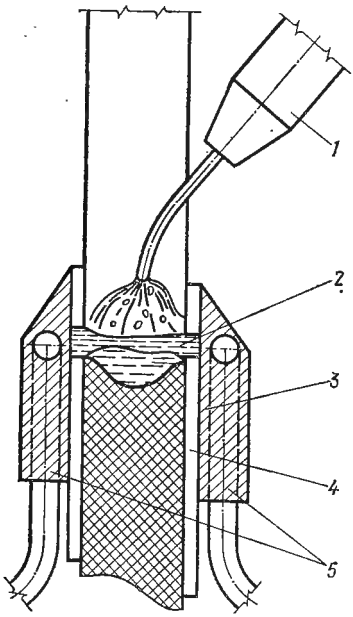


Рис. 43. Схема формирования шва при сварке на вертикальной плоскости:

1 — мундштук сварочного аппарата; *2* — шлаковый слой; *3* — металлическая ванна; *4* — шлаковая корка; *5* — формующие ползуны.

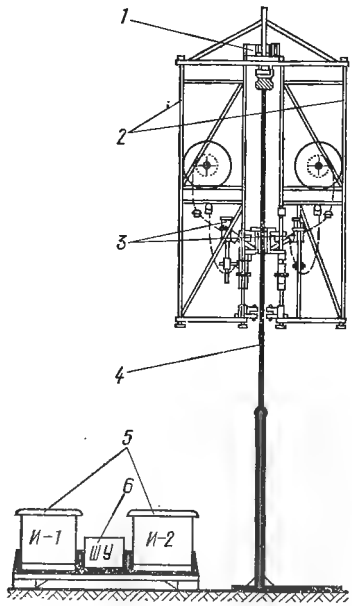


Рис. 44. Схема установки «Циркоматик» для сварки горизонтальных швов порошковой проволокой:

1 — ходовая тележка; *2* — передвижные кабины; *3* — сварочные автоматы; *4* — стенка корпуса резервуара; *5* — источник питания дуги; *6* — шкаф управления.

Автоматическая сварка горизонтальных кольцевых швов выполняется с двух кабин установки «Циркоматик» (Бельгия) (рис. 44), имеющей ходовую приводную тележку с алюминиевым покрытием и передвижной щит питания сварочной дуги. Две кабины навешиваются и перемещаются по кромке смонтированного пояса резервуара. Сварка выполняется двумя полуавтоматами с двух сторон порошковой проволокой отечественного производства марки ПП-АН3С диаметром 3 мм или импортной проволокой АРКОСАРК-51 диаметром 4 мм в среде углекислого газа с полупринудительным формированием шва. Производительность автоматической сварки в 8—10 раз выше ручной.

Стыки под сварку рекомендуется собирать с К-образной разделкой кромок (с двухсторонним скосом только верхней кромки) без зазоров. Места, где зазор превышает 1,5—2 мм, нужно подварить. Рекомендуется также прихватку и подварку горизонтальных соединений выполнять с внутренней стороны резервуара.

Перед сваркой верхнюю часть нижней свариваемой царги зачищают от прихваток на ширину 100 мм, срубывают усиления вертикальных швов, что обеспечивает прохождение шлакоудерживающего устройства. Сварка — в 2—6 слоев. Режим сварки следующий: сила тока 400—500А, напряжение 21—25В, скорость сварки до 30 м/ч.

Полуавтоматическую сварку выполняют двумя полуавтоматами типа А-765, оснащенными газоэлектрическими горелками, выпускаемыми Ногинским заводом монтажных приспособлений. При этом используются передвижные кабины конструкции ВНИИМонтажспецстроя, располагаемые по обе стороны горизонтального шва.

При выполнении монтажной сварки цилиндрических вертикальных резервуаров вместимостью 50 000 м³, поставляемых на монтаж из рулонных заготовок, необходимо выполнение специальных технологических требований. Рассмотрим пример.

Диаметр резервуара 60,7, высота 17,88 м, масса 732 т. Корпус резервуара изготовлен из сталей двух марок: первые восемь поясов из стали 16Г2АФ, толщина поясов 17; 16; 14; 13; 11; 10; 10 и 10 мм, остальные четыре пояса из стали 18Гпс толщиной 10 мм. Корпус на монтаж поставляется в шести рулонах. Днище и плавающая кровля из стали ВСт3сп толщиной соответственно 6 и 4 мм также поставляются в виде рулонов.

При сооружении резервуара вместимостью 50 000 м³ из рулонных заготовок сварка монтажных соединений выполняется в последовательности, показанной в табл. 115. Здесь же приведены рекомендуемые для применения сварочные материалы.

Таблица 115. **Последовательность сварки монтажных соединений резервуара вместимостью 50 000 м³**

Наименование соединения и последовательность сварки	Сварочные материалы
Стыковочные соединения окраек длиной 200 мм	Электроды УОНИ 13/55
Нахлесточные соединения днища	Порошковая проволока СП-2
Угловые соединения опорных платиков с днищем	Электроды УОНИ 13/55
Наружное нижнее тавровое соединение	То же
Вертикальные стыковые соединения	»
Стыковые соединения окраек, оставшаяся часть	»
Нахлесточные соединения днища с окрайками	Электроды УОНИ 13/45
Внутреннее нижнее тавровое соединение	Электроды УОНИ 13/55
Нахлесточные соединения днища на длине 2000 мм	То же
Нахлесточные соединения днища с окрайками на длине 800 мм	»
Угловые соединения ребер жесткости с корпусом	»

При выкладке кольца окраек стыковые соединения собирают под «клин» с зазором от 6 до 12 мм на внутренней части. В первую очередь производятся сварка стыков окраек на длине 200 мм от наружной части и рентгенопросвечивание этого участка.

Нахлесточные соединения днища и плавающей кровли выполняют под слоем флюса сварочным трактором ТС-35 с приставкой Н-2 конструкции ВНИИМонтажспецстроя. Катет с учетом зазоров и наличия заусенцев на кромках полотнищ — для днища 8 мм, для кровли 7 мм. Сварка выполняется порошковой проволокой СП-2 диаметром 2,5 мм на режиме: сварочный ток 440—460А, напряжение 32В, скорость подачи 380 м/ч, скорость сварки днища 25,5 м/ч, кровли 18 м/ч.

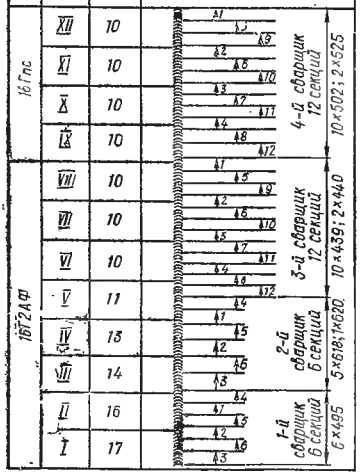


Рис. 45. Разбивка вертикального стыка резервуара вместимостью 50 000 м³ на участки, секции и порядок сварки.

Наружный тавровый шов катетом 12 мм выполняют в три слоя. Перед сваркой вертикальных стыковых швов корпуса резервуара необходимо проверить правильность сборки замерами зазора и отклонений кромок от оси вертикали. Разделка кромок вертикального стыка V-образная с раскрытием внутрь резервуара. Вертикальный стык разбивают на четыре участка разной длины, но одинаковые по массе наплавленного металла. Каждый участок разделяется на отдельные секции (рис. 45). Сварку производят четыре сварщика одновременно на всех участках обратно-ступенчатым способом послойно. Последовательность наложения слоев следующая: сварка изнутри корневого слоя, после зачистки которого выполняют наружный слой шва, затем сварка внутренних слоев до полного заполнения разделки. К выполнению каждого слоя приступают после наложения предыдущего на всей длине участка.

Вертикальные стыковые соединения заваривают как при положительной, так и при отрицательной температуре окружающего воздуха. При положительной температуре и сухой погоде соединения из стали 16Г2АФ не подогревают. С понижением температуры окружающей среды до плюс 5° С необходим предварительный подогрев до 120—150° С. При сварке каждого слоя стык с наружной стороны рекомендуется закрыть уголком для предотвращения возникновения пор в наплавленном металле.

Сварка изотермических резервуаров. Монтажную сварку изотермических резервуаров, поставляемых на площадку в виде рулонных заготовок, выполняют по технологии, аналогичной обычной технологии сварки вертикальных резервуаров. При сварке изотермических резервуаров большой вместимости, сооружаемых на месте монтажа методом полистовой сборки, необходимо выполнять специальные технологические требования. Рассмотрим технологию монтажной сварки изотермического одностороннего резервуара вместимостью 30 000 т (44 000 м³) для хранения жидкого аммиака при температуре — 33° С. Внутренний диаметр резервуара 51,8 м, высота стенки 21,3 м. Днище и крыша толщиной соответственно 3,36 и 4,76 мм выполнены из стали А-131-С, а пояса стенки толщиной от 26,3 до 8 мм из стали А-537-А (поставка США).

Резервуар собирают непосредственно на фундаменте сооружения. Сборочно-сварочные работы выполняют в следующей последовательности: до начала монтажа окрайков днища толщиной 10,2 мм их укрупняют — по три, швы заваривают и просвечивают. Затем блоки укладывают по периметру и после выверки сваривают с наружной стороны в направлении от края к центру

резервуара. Сварщики при этом располагаются на диаметрально противоположных сторонах и передвигаются от стыка к стыку по часовой стрелке. Сваренное кольцо приподнимают краном на 400 мм, укладывают на подставки, зачищают корень шва, подваривают в потолочном положении и просвечивают. После сварки окрайков монтируют элементы днища в количестве 24 шт. с нахлесткой 24 мм и сваривают вручную за два прохода в направлении от центра — сначала поперечные, затем продольные швы, причем периферийные листы сваривают после приварки первого пояса стенки к окрайкам. В последнюю очередь сваривают два — взаимно перпендикулярных шва, проходящих через

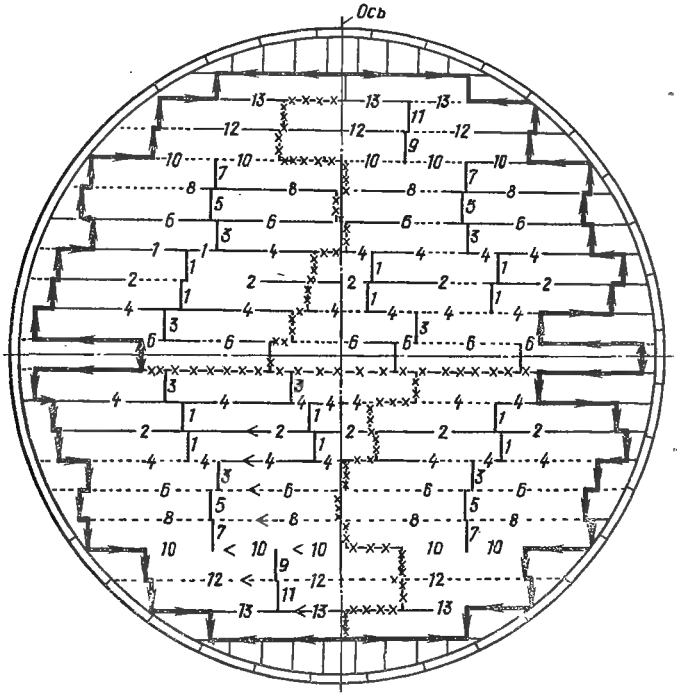


Рис. 46. Последовательность выполнения сварных швов днища изотермического резервуара вместимостью 44 000 м³ жидкого аммиака (обозначена цифрами).

полотнище днища с окрайкой (рис. 46). Такая последовательность выполнения работ уменьшает деформацию («выпучивание») днища. Контроль качества сварки швов днища осуществляется вакуумированием и цветной дефектоскопией.

Вертикальные швы поясов выполняют автоматической сваркой порошковой или голой проволокой с принудительным формированием шва. Технология сварки аналогична сварке резервуаров вместимостью 50 000 м³. Допускается также ручная дуговая сварка вертикальных швов при толщине листов стенок 10 мм. Разделка кромок выполняется Х-образная, несимметричная. Сварка многослойная обратно-ступенчатая. Количество проходов — соответственно с 12 до 7. Сварку ведут одновременно четыре сварщика на диаметрально противоположных сторонах резервуара. После сварки швов I пояса четыре сварщика сваривают тавровые швы, соединяющие стенку с днищем, сначала изнутри, а затем с наружной стороны резервуара.

Сварку горизонтальных швов ведут автоматами. В частности, на сооружении изотермических резервуаров Одесского припортового завода для сварки горизонтальных швов использовались три автомата «Три часа» (США), имеющих 11 диапазонов регулировки скорости сварки. Сварка выполнялась сварочной проволокой маркой *L*60 диаметром 1,86 мм под слоем флюса марки «Линкольн АХХХІ6». Сила тока 300—310А, напряжение на дуге 24В.

Автоматы помещают в тележки, которые навешивают на кромки последующих поясов.

Разделка кромок горизонтальных стыковых швов V-образная. Перед автоматической сваркой кромки предварительно прогреваются до 250°С на ширину 200 мм с помощью газовых пропан-бутановых горелок.

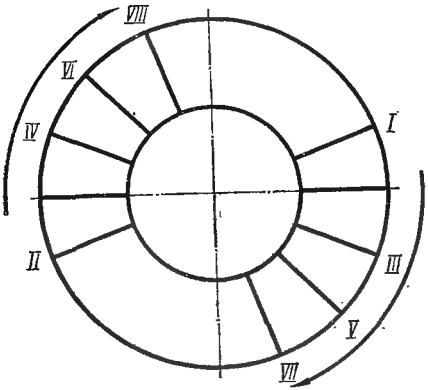


Рис. 47. Порядок сварки радиальных плит крыши изотермического резервуара.

Количество проходов при сварке на поясах от 1-го до 5-го соответственно с 23 до 9. После каждого прохода швы зачищают шлифовальной машинкой. Перед началом следующего прохода изменяют угол наклона мундштука. С внутренней стороны горизонтальный стык обрабатывают шлифовальными машинами и подваривают ручной электродуговой сваркой. Прн этом сварку могут вести два или четыре сварщика на диаметрально противоположных сторонах корпуса резервуара. Количество сварных швов в данном случае находится в прямой зависимости от подготовки стыка под сварку — не допускаются коррозия кромок, влага и грязь.

Монтаж кровли начинают после монтажа и сварки 1-го пояса. Вначале сваривают корпус, затем на стропильные балки укладывают внахлестку радиальные плиты и сваривают их между собой обратно-ступенчатым способом. Последовательность сварки радиальных плит показана на рис. 47. Для получения провара корень шва удаляют воздушно-дуговой строжкой резаком РВД-4А, угольным омедненным электродом диаметром 10 мм и зачищают арбазивным армированным кругом диаметром 180—230 мм толщиной 6 мм. Для резки можно применять металлические электроды марки АНР-2М диаметром 4 мм, разработанные институтом электросварки им. Е. О. Патона.

Кровлю резервуара поднимают путем создания под куполом избыточного давления (784 Па). При сооружении резервуаров на Вентспилском заводе кровлю массой до 160 т подняли двумя турбовоздуходувками.

При полистовой сборке и сварке резервуаров источники тока для ручиой и автоматической сварки рекомендуется устанавливать централизованно в специально оборудованных крытых машинных залах, расположенных у наружной стенки корпуса или внутри резервуара. Здесь же желательно располагать помещение для подготовки сварочных материалов — очистки сварочной проволоки от масел и ржавчины, прокалки электродов и флюса.

КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИСПЫТАНИЕ РЕЗЕРВУАРОВ

После окончания монтажа и сварки резервуара выполняется комплекс работ по контролю качества сварных соединений и испытанию всего резервуара, в том числе: внешний осмотр сварных соединений; контроль физическими методами; контроль засверливанием швов; проверка плотности сварных соединений; испытание резервуара на прочность.

Внешний осмотр сварных швов производится для выявления наружных дефектов — наплывов, незаваренных кратеров, пор, подрезов, трещин в швах и зонах термического влияния, а также для проверки правильности форм и размеров сварочных швов. Осматривают с двух сторон невооруженным глазом, а если применяется лупа, то с увеличением не более чем в 10 раз. Перед осмотром шов и прилегающую к нему поверхность основного металла следует очистить от шлака, брызг и грязи. В швах допускаются подрезы основного металла глубиной 0,5 мм при толщине металла до 10 мм, свыше 10 мм — глубина подреза до 1 мм.

Дефекты следует устранять следующими способами: перерывы швов и кратеры, прожоги, подрезы — дополнительной подваркой; швы с трещинами — на длину дефектного места плюс по 10 мм с каждой стороны и заваривать с последующей зачисткой, обеспечивающей плавный переход от наплавленного металла к основному. Геометрические размеры сварных швов контролируют измерительными инструментами и шаблонами.

В зимних условиях после резких похолоданий рекомендуется после окончания сварки резервуара произвести 2—3 дополнительных внешних осмотра сварных соединений.

Контроль физическими методами (рентгено- или гаммапросвечиванием, магнитографическим способом) применяют как в процессе монтажа резервуара, так и после его окончания.

Контроль просвечиванием проникающими излучениями производится (СНиП III-18-75):

в резервуарах, сооружаемых из рулонных заготовок, на заводе проверяется 100% пересечений вертикальных и горизонтальных швов сварных соединений I и II поясов (считая снизу) и 50% пересечений II, III и IV поясов, а на монтаже — вертикальных монтажных швов стенок резервуаров вместимостью от 2000 до 20 000 м³;

в резервуарах, сооружаемых полистовым методом,— всех вертикальных стыковых соединений I и II поясов и 50% соединений II, III, IV поясов, преимущественно в местах пересечения этих соединений с горизонтальными;

всех стыковых соединений окраек днищ в местах примыкания к ним стенки резервуара.

Длина снимка должна быть не менее 240 мм.

Взамен просвечивания сварных соединений при толщине стали 10 мм и более разрешается производить контроль ультразвуковой дефектоскопией с последующим просвечиванием, проникающими излучениями швов с признаками дефектов.

Просвечиванием можно обнаружить трещины, шлаковые включения, газовые поры, непровар корня шва. По характеру расположения дефекты разделяются на группы: А (отдельные дефекты), Б (цепочка дефектов, расположенных на одной линии в количестве не более трех с расстоянием между ними, равным трехкратной величине отдельных дефектов), В (скоплением дефектов, расположенных в количестве более трех с расстоянием между ними, равным трехкратной величине дефектов).

Допускаются следующие дефекты сварных соединений: отдельные шлаковые включения или поры, или скопления их (по группам А и Б) размером по глубине шва не более 10% от толщины свариваемого металла; шлаковые включения, расположенные цепочкой или сплошной линией вдоль шва (по группе Б), не превышающие 20% длины шва; скопление газовых пор и шлаковых включений (по группе В) в отдельных местах шва не более пяти штук на 1 см² площади шва.

Контроль засверливанием швов резервуара производят в случае, если при проверочных испытаниях сварщиком были заварены контрольные образцы неудовлетворительного качества, а также при возникающих сомнениях по качеству сварки. Контролю подвергают швы приварки корпуса резервуаров к днищу, доваренные участки стыковых швов окрайков, замыкающий шов корпуса резервуара, нахлесточные соединения днища.

Засверливают сверлом с углом заточки 90° по оси шва (диаметр сверла выбирают равным ширине шва плюс 6 мм). После засверливания канавку зачищают, а затем протравляют 10%-ным раствором надсернокислого аммония.

Таблица 116. **Способы испытания сварных швов резервуаров на плотность**

№ п/п	Наименование элементов и соединений	Способ испытания	Технология проведения
1	Днище резервуара (100% заводских и монтажных) швов)	Вакуум-способ	Над испытываемым участком шва под вакуум-камерой создается разряженное пространство (не менее 6370 Па). Неплотности в швах обнаруживают по пузырькам мыльного раствора, которым смазывают швы
		Метод химических реакций	Под днище при положительной температуре вдувают из баллонов аммиак в смеси с воздухом под давлением не менее 490 Па, а швы промазывают водно-спиртовым раствором фенолфталеина. В местах неплотных швов под воздействием аммиака фенолфталеин резко изменяет окраску, образуя красное пятно
		Керосиновой пробой	Днище поднимают на клети и снизу опрыскивают керосином. В нахлесточные швы вводят керосин под давлением. Швы сиаружи обмазывают меловым раствором. В местах неплотностей появляются жирные пятна. Применяют при отсутствии оборудования для вакуум-способа для резервуаров вместимостью до 1000 м³
2	Днище понтона (100% заводских монтажных швов)	Вакуум-способ	Аналогично поз. 1
		Керосиновой пробой	То же
8.	Тавровый шов корпуса с днищем	То же	Шов внутри резервуара смачивают керосином. В местах дефектов наружной стороны шва появляются отпотины или жирные пятна
4	Вертикальный замыкающий щов корпуса	»	Швы с двух сторон промазывают меловым раствором. Внутрь нахлестки через отверстие, просверленное внутри резервуара, под кровлей нагнетают керосин до тех пор, пока он не появится в отверстии, просверленном в нахлестке у днища. При отсутствии течи, жирных пятен и отпотин сливают керосин, продувают воздухом пространство между швами и заваривают отверстие
5	Корпус резервуара (100% заводских и монтажных швов)	»	Все стыковые соединения и соединения внахлестку, сваренные сплошным швом с наружной стороны и прерывистым с внутренней стороны, проверяют опрыскиванием керосином внутри резервуара; нахлесточные соединения вертикальных швов, сваренные с двух сторон сплошными швами, проверяют введением керосина

№ п/п	Наименование элементов и соединений	Способ испытания	Технология проведения
			под нахлестку через специальное отверстие
6	Швы кровли и обвязочного уголка (100% заводских и монтажных швов)	Керосиновой пробой	Керосином внутри резервуара опрыскивают кровлю, швы снаружи кровли смазывают раствором мела
		Вакуум-способ	Аналогично поз. 1
		Давлением воздуха	В резервуаре создают избыточное давление в момент гидравлического испытания. При этом резервуар наполняют водой и все люки в корпусе и кровле закрывают заглушками. Избыточное давление, равное проектному плюс 10%, создается при дальнейшем наполнении резервуара водой. Можно создавать избыточное давление нагнетанием воздуха компрессором. Швы с наружной стороны смазывают мыльным раствором
7	Швы обварки лазов и патрубков	Керосиновой пробой	Керосин заливают через небольшой участок недоваренного шва
8	Швы понтона (100% заводских и монтажных швов)	То же	Первоначально испытывают сварные швы коробов по их нижней кромке при снятых верхних пластинах, одновременно — швы приварки коробов с днищем понтона. После приварки верхней пластины к коробам понтона пневмоиспытанием проверяют швы коробов понтона и швы сварки коробов между собой. С наружной стороны швы промывают мыльным раствором и подают воздух в технологическое отверстие понтона.

Примечания: 1. При отрицательных температурах рекомендуется применять вместо мыльного раствора раствор лакричного корня с солью хлористого натрия.

2. При керосиновой пробе время выдержки составляет 12 ч при положительной температуре и при отрицательной — 24 ч.

3. Для ускорения процесса испытания можно смазывать швы керосином, подогретым до 60—70° С.

4. При испытаниях на плотность в зимних условиях рекомендуется подогревать сварные швы до температуры 150—200° С для удаления влаги.

5. Подчеканка дефектных мест запрещается.

6. После исправления дефектных участков швы должны быть подвергнуты повторному испытанию на плотность.

При обнаружении дефекта в шве нужно по предполагаемым границам сомнительного участка шва произвести два дополнительных засверливания. Если одно из них будет с дефектами, то засверливание продолжают до выявления фактических границ дефектного участка, после чего весь шов на этом участке удаляют, вновь заваривают и засверливают повторно. Качество шва считают удовлетворительным, если в засверленных углублениях данного шва не обнаружено трещин, шлаковых включений и непроваров.

Испытанию на плотность после монтажа резервуара подвергают все заводские и монтажные швы (табл. 116).

Испытание на прочность производится после того, как все сварные соединения резервуара проверены на плотность. Прочностные испытания выполняют наполнением резервуара водой и выдержкой его под нагрузкой. До начала гидравлического испытания: проверяют высотные отметки основания по периметру резервуара; удаляют из резервуара все посторонние предметы, очищают днище и стенки от грязи; осматривают швы, поверхность днища и нижних поясов корпуса для выявления прожогов и пробоин; отсоединяют все подво-

Таблица 117. **Допускаемые отклонения наружного контура днища резервуаров, мм (СНиП III-18-75)**

Вместимость резервуара, м^3	Допускаемые отклонения наружного днища, мм			
	при незаполненном резервуаре		при заполненном резервуаре	
	разность отметок соседних точек на расстоянии 6 м	разность отметок любых других точек	разность отметок соседних точек на расстоянии 6 м	разность отметок любых других точек
Менее 700	10	25	20	40
700—1000	15	40	30	50
2000—5000	20	50	40	80
10000—20000	10	50	30	80

дящие трубопроводы, заглушают приемно-раздаточные патрубки во избежание обрывов их в момент осадки резервуара; заглушают люки и патрубки на корпусе; оставляют открытыми световые люки на кровле.

Гидравлически испытывают резервуар наливом воды на полную высоту, наливая ее ступенями по поясам. По мере заполнения следят за состоянием сварных швов и стенками корпуса. При обнаружении отпотин, свищей, течи и трещин в поясах от I до IV немедленно приостанавливают заполнение и воду спускают на один пояс ниже расположения трещин, а при обнаружении трещин в поясах от VII и выше — до V пояса. Если в процессе испытания по истечении 24 ч на поверхности корпуса или по краям днища не появится течь и если уровень воды не будет снижаться, резервуар считается выдержавшим испытание.

Обнаруженные дефекты устраняют путем вырубки и повторного заваривания. Исправленные места повторно проверяют на плотность первоначальным методом. После ликвидации дефектов и проверки качества исправления продолжают налив. В процессе налива воды наблюдают за осадкой резервуара, в случае обнаружения неравномерной осадки его освобождают от воды и приступают к исправлению искусственного основания. Обычно средняя величина осадки после налива водой составляет 10—25 мм.

После окончания гидравлического испытания резервуар освобождают от воды. Во время слива люки на кровле должны быть открыты, так как в противном случае ввиду разрежения воздуха внутри резервуар может разрушиться.

Отклонения геометрических размеров и формы стальных конструкций резервуаров от проектных не должны превышать следующих величин, мм (СНиП III-17-75):

Днище	
Отклонение наружного контура днища от горизонтали	См. табл. 117
Высота хлопунов днища (допускаемая площадь одного хлопуна 2 м²)	Не более 150
Стенка	
Отклонение величины внутреннего радиуса стенки на уровне днища от проектной при радиусе:	
до 12 м включительно	±20
свыше 12 м	±30
Отклонение высоты стенки от проектной, смонтированной:	
из рулонной заготовки	±15
из отдельных листов	±50
Понтон и плавающая крыша	
Отклонение наружного контура понтона или плавающей крыши от горизонтали	±20
Отклонение направляющих понтона или плавающей крыши от вертикали	25
Отклонение наружного кольцевого листа понтона или плавающей крыши от вертикали на высоту листа	±10
Покрытие	
Отклонение стрелок прогиба радиальных элементов в центре и промежуточных узлах от проектных (с учетом строительного подъема)	±0,02
Разность отметок смежных узлов радиальных балок и ферм	10

Примечание. Нижняя часть наружного контура понтона или плавающей крыши не должна находиться выше уровня жидкости.

МОНТАЖ МОКРЫХ ГАЗГОЛЬДЕРОВ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОКРЫХ ГАЗГОЛЬДЕРОВ

Газгольдеры — сосуды для хранения газов под давлением — делятся на газгольдеры постоянного геометрического объема и переменного. К последним относятся газгольдеры с водяным бассейном (мокрые) и цилиндрические поршневые (сухие). В нашей стране наибольшее распространение получили мокрые газгольдеры вместимостью от 100 до 30 000 м³, сооружаемые цельносварными по типовым проектам (табл. 118).

Мокрые газгольдеры состоят из следующих частей:

неподвижного резервуара (водяного бассейна) с днищем без крыши;

подвижного купола-сосуда без дна, но с герметически плотной крышей и корпусом;

подвижного телескопа — промежуточного цилиндрического звена без дна и крыши, но с герметическим плотным корпусом. Телескоп применяется в двухзвенных газгольдерах (вместимость 10 000—30 000 м³) и располагается между корпусами резервуара и колокола;

направляющих, движущихся на роликах, которые служат для вертикального перемещения колокола и телескопа, в том числе: наружных направляющих, устанавливаемых снаружи газгольдера и привариваемых к корпусу резервуара с наружной стороны. Между собой они соединены переходными площадками, распорками и связями, образующими жесткую пространственную систему; внутренних направляющих телескопа, привариваемых к корпусу резервуара с внутренней стороны; внутренних направляющих колокола, привариваемых к корпусу телескопа с внутренней стороны. В однозвенных газгольдерах (без телескопа) внутренние направляющие колокола привариваются к корпусу резервуара с внутренней стороны.

Таблица 118. **Техническая характеристика мокрых газгольдеров**

Вместимость газгольдеров, м³	Номер типового проекта	Количество подвижных звеньев, шт.	Верхняя отметка наружных направляющих, мм	Отметка верхнего положения колокола, мм	Внутренний диаметр, мм			Высота корпуса резервуара, мм	Общая масса, кг
					резервуара	телескопа	колокола		
100	707—01	1	7460	6210	7400	—	6600	3450	13960
300	707—02	1	12550	11150	9208	—	8500	5920	34980
600	707—03	1	15430	14030	11480	—	10680	7390	38160
1000	707—2—5	1	15430	14030	14500	—	13700	7390	54590
3000	707—2—6	1	20250	18850	21044	—	20250	9800	116400
6000	707—2—6	1	24350	22600	26876	—	26100	11730	202940
10000	707—2—1	2	29580	27440	28140	27120	26100	9800	262480
15000	707—2—2	2	35530	33290	31182	30110	29050	11750	360100
20000	707—2—4	2	35530	33290	35872	34780	33700	11750	439990
30000	707—2—3	2	35530	33210	43612	42500	41400	11750	621550

Примечание. Давление газа в газгольдерах предусматривается от 1470 до 3920 Па в зависимости от пригрузки колокола и высоты его подъема.

Плотность между резервуаром, телескопом и колоколом достигается за счет водяного затвора, представляющего собой кольцевой желоб, заполненный водой. Высота воды в желобе обеспечивает максимальное избыточное давление внутри газгольдера — 4 кПа.

Газ, который поступает в газгольдер, поднимает колокол, зацепляющий своим затвором за затвор телескопа, и колокол поднимается вместе с телескопом. При этом затвор колокола зачерпывает воду из резервуара, в результате получается газонепроницаемая подушка, обеспечивающая плотность при внутреннем давлении в газгольдере.

Движение колокола и телескопа без перекосов обеспечивают наружные ролики, которые катятся по наружным, и внутренние, которые катятся по внутренним направляющим. Внутренние ролики колокола в однозвенном газгольдере катятся по направляющим резервуара, в двухзвенном — по направляющим телескопа. При отсутствии внутреннего давления газа колокол и телескоп находятся в нижнем положении и опираются на специальные подставки. Максимальное давление газа внутри газгольдера возникает при наивысшем положении колокола и зависит от массы колокола и телескопа, пригруза, воды, находящейся в затворах, объема и плотности газа, хранимого в газгольдере.

В СССР газгольдеры вместимостью до 30 000 м³ изготавливают на заводах металлоконструкций из рулонных заготовок на специальных установках с применением автоматической сварки. Днище изготавливают в виде одного или нескольких полотнищ, свернутых на заводе в рулон.

Конструктивная схема полотнища корпуса бассейна газгольдера такая, как у корпуса резервуара. Рулонирование же полотнища стенок колокола и телескопа имеет следующие особенности — толщины стенок верхних и нижних поясов 6—8, а стенок, расположенных между ними,— 3—4 мм. Масса днища стенок резервуара и колокола у газгольдеров вместимостью до 1000 м³ такова, что все три полотнища можно поставлять на монтажную площадку наверну-

тыми на один рулон — вначале наворачивают стенку колокола, затем — стенку резервуара, а сверху — днище газгольдера.

В газгольдерах вместимостью 3000 м³ днище, состоящее из рулонов, наворачивают на рулон колокола. Корпус резервуара поставляется отдельным рулоном. В газгольдерах вместимостью 6000 м³ три или четыре части днища сворачивают в один рулон, а корпуса резервуара и колокола — отдельными рулонами. Газгольдеры вместимостью 10 000 и 15 000 м³ поставляют в виде четырех рулонов — днища, корпусов резервуара, телескопа и колокола. В газгольдерах вместимостью 20 000 м³ корпус резервуара изготавливается в виде двух рулонов массой по 40 т каждый.

Гидрозатворы привозят с заводов в виде блоков длиной по 4,5—5 м, что намного сокращает трудоемкость монтажа, а конструкции покрытия — в виде стропил с тонколистовым покрытием.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА МОКРЫХ ГАЗГОЛЬДЕРОВ

Организация и технология работ по разгрузке рулонов и прочих конструкций газгольдеров с железнодорожных платформ и доставка их на склады металлоконструкций такие же, как и при монтаже вертикальных цилиндрических резервуаров. Месторасположение склада, его размеры, способы погрузки и разгрузки определяются в каждом конкретном случае проектом производства работ. Доставленные на монтажную площадку элементы конструкций складируют по маркам возможно ближе к месту монтажа, оставляя площадь, необходимую для работы и передвижения монтажных механизмов.

До начала монтажа газгольдеров на монтажной площадке должны быть выполнены все подготовительные работы, в том числе: сооружение и приемка естественного и искусственного основания, гидроизолирующего слоя, фундаментов и приямков; подвод электроэнергии, подвод и отвод воды, необходимой для гидравлических испытаний, и др. Все механические детали газгольдера (ролики, подшипники, болты и др.) в смазанном виде должны быть помещены для хранения в закрытое помещение.

В процессе приемки основания и фундаментов под газгольдер и шахтную лестницу проверяют правильность разбивки осей газгольдера, размеры фундамента, качество бетонного кольца, приямков, песчаной подушки и гидроизоляционного слоя. При этом отклонения от проектных размеров отметки поверхности кольцевого фундамента, наружного диаметра и его ширины не должны превышать соответственно +10; +50; —30; +50 мм.

Поверхность искусственного основания под днище резервуара должна иметь подъем в центре основания, равный 1/75 диаметра резервуара.

На принятом фундаменте разбиваются продольная и поперечная оси, согласно которым ведут монтаж днища. Рулоны днищ однозвенных газгольдеров вместимостью до 1000 м³, поставляемых на монтажную площадку в виде одного-двух полотнищ, разворачивают так же, как и на монтаже вертикальных цилиндрических резервуаров. У газгольдеров вместимостью 10 000 и 15 000 м³ днища изготавливают с сегментными окрайками, соединяемыми между собой встык на технологических подкладках.

После сварки и вакуум-испытания днища выполняют его разметку. Для этого в центре днища приваривают штырь. Циркулем намечают окружности, соответствующие расположению стенки резервуаров, подкладок, опорного кольца и гидрозатвора. Окружности телескопа и колокола размечают на смонтированном опорном кольце и гидрозатворе, а расположение направляющих — в соответствии с проектными осями газового ввода. Намечают также места установки в вертикальное положение рулонов корпуса резервуара, телескопа и колокола, а также фиксируют положение основных монтажных стыков.

До разворачивания рулонов монтаж конструкций газгольдера выполняется в следующей последовательности: на днище по двутавровым подкладкам выполняют контрольную сборку опорного кольца телескопа и гидрозатвора колокола, после чего их маркируют и разбирают, разбив на секции (по три сегмен-

та в каждой секции); собирают заводские блоки гидрозатвора телескопа в секции, маркируют и разбирают; собирают конструкции каркаса покрытия и разбивают их на монтажные блоки; укрупняют окрайки кровли; подготавливают к монтажу все внутренние направляющие; собирают в монтажные блоки кольцевую площадку газгольдера.

Технология установки рулонов газгольдера в вертикальное положение и их разворачивания примерно такая же, как и при монтаже вертикальных резервуаров, несмотря на то, что имеется ряд отличительных особенностей; во-первых, для одного газгольдера в зависимости от его вместимости на днище устанавливают одновременно от двух до пяти рулонов; во-вторых, рулоны телескопа и колокола устанавливают на постаменты, обеспечивающие разворачивание полотнищ на уровне двутавровых подкладок, на них телескоп и колокол опираются в проектном положении.

При наличии на монтажной площадке самоходных кранов целесообразно с их помощью поднимать рулоны в вертикальное положение. При подъеме рулонов телескопа и колокола с помощью шарнира и шевра шарнир устанавливают на опорной подставке, высота которой соответствует высоте постамента под рулоны (высота постамента на 30—50 мм больше двутавровых подкладок под колокол и телескоп). Целесообразно поднимать рулоны с прикреплениями к ним постаментами. Установленный рулон передвигают в намеченное заранее исходное положение для разворачивания.

Перед разворачиванием устанавливают в центре днища монтажную центральную стойку, которая служит для поддерживания конструкции покрытия газгольдера на время монтажа. Монтируют центральную стойку автокранов, вертикальность выверяют по отвесам. Разворачивают рулоны резервуара, телескопа и колокола двумя способами: последовательным и параллельным.

При последовательном способе вначале разворачивают рулон корпуса резервуара, после чего приступают к разворачиванию рулонов телескопа, а затем колокола. При разворачивании корпуса устанавливают укрупненные секции кольцевой площадки, что обеспечивает устойчивость и правильность его формы. В процессе разворота полотнище расчаливают в двух направлениях и на выверенных участках монтируют внутренние направляющие. Вертикальность разворачиваемого полотнища регулируют винтовыми стяжками (фаркопфами), устанавливаемыми на расчалках. Внутренние направляющие закрепляют к корпусу резервуара только за верхний конец, окончательное закрепление их с помощью фасонок, привариваемых к стенке резервуара,— после окончания монтажа корпуса резервуара и наружных направляющих. В процессе монтажа корпуса применяют лестницы-стремянки с ограждениями, струбцины для прижима соединяемых элементов, подвесные облегченные люльки и другие приспособления.

К разворачиванию рулона корпуса телескопа приступают после тщательного контроля периферийной части днища, на которую устанавливают и закрепляют двутавровые подкладки и опорное кольцо. При сварке опорного кольца в первую очередь заваривают монтажные стыки между его сегментами и после проверки геометрической формы кольца прихватывают его к подкладкам.

Разворачивание выполняют на постаменте, к которому крепится тяговая скоба. Для плавного разворачивания тяжелых рулонов применяют полиспасты, обеспечивающие нужное тяговое усилие. На смонтированные и выверенные участки телескопа устанавливают внутренние направляющие (вертикальность проверяют с помощью теодолита или отвесов). Монтаж направляющих ведут по мере разворота корпуса телескопа. Для того чтобы обеспечить замыкание монтажного стыка, концевые участки полотнища корпуса телескопа на расстоянии 800—1000 мм от кромок не прихватывают к опорному кольцу. После замыкания монтажного стыка приступают к сварке нижнего кольцевого шва телескопа.

Гидрозатворы телескопа и колокола поставляют на монтаж изготовленными на заводе блоками. Гидрозатвор телескопа в виде укрупненных блоков устанавливают краном на верхние торцы внутренних направляющих телескопа. После выверки гидрозатвора телескопа приступают к сборке гидрозатвора

колокола, которую выполняют на опорных подкладках по заранее намеченным рискам. От качественной сборки и монтажа гидрозатвора зависит нормальная эксплуатация газгольдера. Необходимым условием для этого является соблюдение проектного расстояния между вертикальными стенками гидрозатворов телескопа и колокола, что обеспечивает их проектное зацепление при подъеме. Рулон корпуса колокола разворачивают так же, как и рулон телескопа. В процессе разворота нижнюю кромку полотнища колокола прихватывают к гидрозатвору по намеченной риске. Трубчатые стойки колокола с заранее приваренными к ним оголовниками монтируют по мере разворачивания рулона. Замыкание монтажного стыка колокола производят так же, как у телескопа.

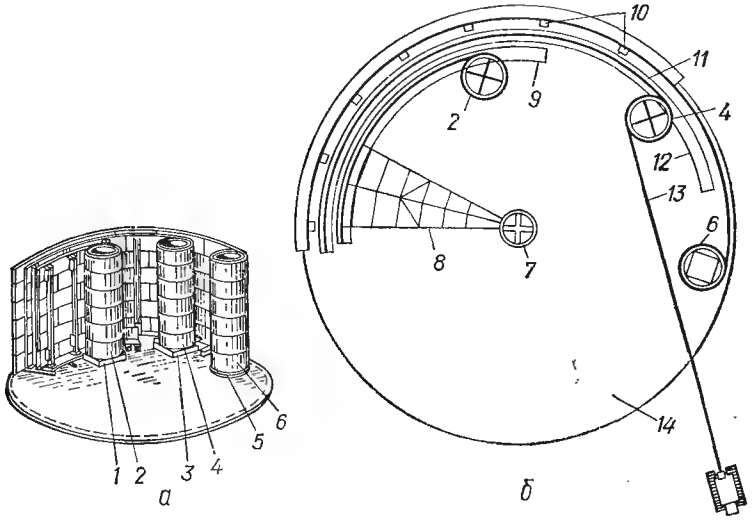


Рис. 48. Параллельное разворачивание рулонов газгольдера:

а — общий вид; *б* — план; *1, 3* — постаменты; *2, 4, 6* — рулоны соответственно колокола телескопа и резервуара; *7* — центральная временная стойка; *8* — стропила; *9, 11* — гидрозатворы соответственно колокола и телескопа; *10* — внутренние направляющие; *12* — опорное кольцо телескопа; *13* — тяговый трос; *14* — днище резервуара.

Монтаж конструкций покрытия колокола выполняют укрупненными на земле блоками с помощью самоходных кранов. Перед монтажом конструкции всего покрытия проходят контрольную сборку и членение на монтажные блоки в соответствии с грузоподъемностью имеющихся в наличии кранов. Для газгольдеров вместимостью до 1000 м³ рекомендуется собирать на земле все покрытие с настилом и поднимать его одним блоком.

При монтаже покрытия в виде секторов концы стропил закрепляют болтами к оголовкам трубчатых стоек колокола, вершину сектора соединяют болтами с кольцом центральной стойки. Устанавливать секторы покрытия можно в процессе разворачивания рулона или после его окончания. Величина строительного подъема, мм, при монтаже кровли мокрых газгольдеров:

Вместимость газгольдеров, м³:	
100, 300, 600	50
1000, 3000	75
6000, 10 000, 15 000, 20 000	100
30 000	150

После полного монтажа каркаса покрытия приступают к установке настила кровли. Листовые окрайки, поставляемые в виде сегментов, укрупняют в секции

по 2—3 сегмента и монтируют укрупненными картинами. Настил кровли крепят сваркой к кольцевому поясу окрайков. К настилу приваривают оборудование газгольдера. Во избежание местной или общей деформации покрытия колокола во время монтажа кровли запрещается размещение на стропилах и настиле любых грузов (листов настила, роликов, чугунных и бетонных грузов и т. п.). Не разрешается также зимой допускать во время монтажа кровли вплоть до сдачи газгольдеров в эксплуатацию скопления снега на кровле колокола и на кольцевой площадке.

Параллельный способ разворачивания всех рулонов газгольдеров (рис. 48) отличается максимальным совмещением работ и требует высокой квалификации монтажников. При этом способе каждый из рулонов разворачивают с опережением на 10—15 м. После окончания разворачивания корпуса резервуара и замыкания монтажного стыка завершают разворачивание корпуса телескопа и, таким же образом, корпуса колокола. Тяговые тросы или полиспасты от трактора пропускают через люк лаза.

По мере разворачивания рулона корпуса резервуара ведут монтаж кольцевой площадки и внутренних направляющих. Одновременно устанавливают двутавровые подкладки и опорное кольцо телескопа. По мере разворачивания рулона корпуса телескопа к нему крепят внутренние направляющие и укрупненные секции гидрозатвора; одновременно устанавливают на двутавровые подкладки гидрозатвор колокола. В процессе разворачивания корпус колокола устанавливают на трубчатые стойки и каркас покрытия. Остальные конструкции газгольдера монтируют так же, как при последовательном способе монтажа.

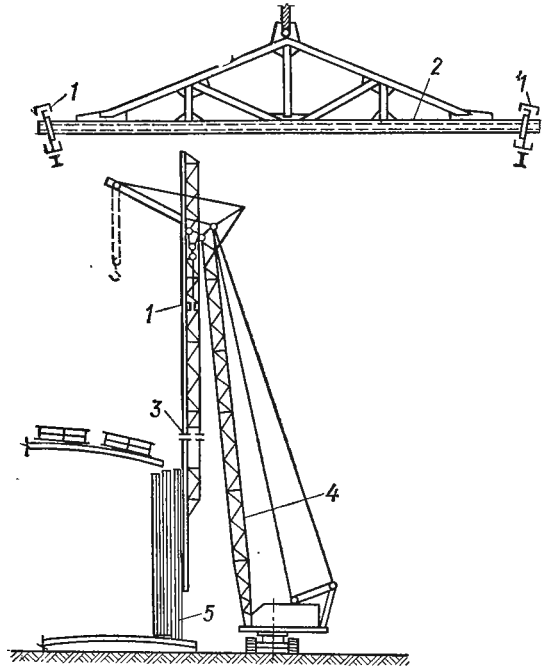


Рис. 49. Монтаж верхних частей наружных направляющих:

1 — наружная направляющая; *2* — траверса; *3* — монтажный стык; *4* — гусеничный кран; *5* — резервуар.

Завершающим этапом монтажа конструкций газгольдера является установка наружных направляющих (рис. 49). Технология монтажа наружных направляющих при вместимости газгольдеров, м^3, следующая:

100—1000	Монтаж ведется полностью на всю высоту с молниеотводами и нижними концевыми балками
6000	Монтаж ведется раздельно по высоте — нижние части вместе с кольцевыми площадками в период разворота рулона резервуара, верхние — блоками после монтажа покрытия колокола

10 000	Монтаж ведется полностью на всю высоту вместе с нижними концевыми балками
15 000 и 20 000	То же, без нижних концевых балок
30 000	Монтаж ведется раздельно по высоте — нижние части вместе с кольцевыми площадками в период разворота рулона резервуара, верхние — блоками после монтажа покрытия колокола

Наиболее распространенный способ монтажа — укрупнение в панели (две направляющие со связями) и установка их в проектное положение с закреплением временными расчалками. После монтажа второй панели промежуток между ними заполняют крестовыми связями.

Приваривать наружные направляющие (с площадками и связями, молниеприемниками) следует только после полной сборки и проверки прямолинейности каждой в отдельности, а также выверки правильности геометрического положения всех направляющих. Их вертикальность проверяют двумя теодолитами — одним в радиальном направлении, другим — в плоскости, касательной к стенке резервуара.

Верхние и нижние ролики телескопа и колокола устанавливают после выверки и закрепления наружных направляющих.

СВАРКА ГАЗГОЛЬДЕРОВ НА МОНТАЖЕ

К подготовке элементов конструкций под сварку, а также к сварочным электродам при монтаже предъявляют требования, аналогичные требованиям, предъявляемым к сварке вертикальных цилиндрических резервуаров.

Во избежание остаточных напряжений и деформаций основные конструкции газгольдеров сваривают в определенной последовательности. В качестве примера в табл. 119 приведена технология сварки мокрого однозвенного газгольдера вместимостью 3000 м^3.

Организация сварочных работ при монтаже газгольдеров аналогична организации сварочных работ при монтаже вертикальных цилиндрических резервуаров.

КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИСПЫТАНИЕ МОКРЫХ ГАЗГОЛЬДЕРОВ

Способы контроля качества сварных монтажных соединений газгольдеров такие же, как и вертикальных стальных резервуаров.

Вертикальные стыковые швы резервуара для всех типов газгольдеров при толщине листов 6 мм и более следует контролировать рентгено-, гамма-просвечиванием или магнитографическим способом по норме — один снимок длиной 240 мм для каждого пересечения вертикального шва с горизонтальным. Контролю подвергают также 25% всех стыковых швов окраек в местах примыкания корпуса резервуара к днищу. Взамен просвечивания разрешается контролировать 100% швов ультразвуком с последующим просвечиванием дефектных или сомнительных мест.

При сдаче газгольдеров в эксплуатацию производят их техническую приемку, в том числе: внешний осмотр газгольдера, его сварных соединений и проверку геометрических размеров; испытание отдельных узлов и элементов газгольдера (табл. 120); гидравлическое испытание резервуаров и газовых вводов; испытание газгольдера в целом.

До начала гидравлического испытания резервуара газгольдера все газопроводы продувают сильной струей воздуха для очистки их от пыли и мусора.

Таблица 119. **Технология ручной электродуговой сварки мокрого газгольдера вместимостью 3000 м³**

Наименование и последовательность этапов сварки	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
1. **Сварка центрального нахлесточного шва днища.** Производится от середины шва к концам обратноступенчатым способом в два слоя. Длина ступени 400—450 мм	Э42А	4	160
2. **Частичная сварка стыковых швов сегментных окрайков днища.** Выполняется в местах опирания корпуса резервуара и под колоколом на длину 400 мм со стороны наружной кромки днища в два-три слоя на технологической подкладке. Порядок сварки стыков показан на рис. 50	Э42А	4	160
3 **Частичная приварка внутри корпуса резервуара к днищу.** Производится по мере разворачивания корпуса резервуара участками длиной по 400 мм напротив мест установки подкладок колокола	Э42А	4	160
4. **Приварка опорных подкладок колокола по мере разворота корпуса резервуара.** Выполняется за один проход с двух сторон на длину 150 мм со стороны корпуса резервуара	Э42	5	200
5. **Сварка элементов нижнего горизонтального листа между собой встык и приварка его к опорным подкладкам колокола.** Установку элементов нижнего горизонтального листа и сварку их между собой встык производят по мере установки опорных подкладок и разворота колокола. Поперечные стыки сваривают в два-три слоя за проход. Нижний горизонтальный лист крепят к опорным подкладкам временными прихватками	Э42	5	200
6. **Частичная сварка вертикального замыкающего шва корпуса резервуара.** Производится в нижней части стыка на высоту 300—350 мм от днища. Первоначально шов сваривают с внутренней стороны, а затем с наружной. Шов выполняют в два слоя	Э42А	4	160
7. **Приварка корпуса резервуара к днищу с его внутренней стороны.** Приварка корпуса колокола к нижнему горизонтальному листу с его наружной стороны. Сварку тавровых швов выполняют параллельно чередующимися ступенями по 400—450 мм на участках длиной 10—11 м, расположенных на диаметрально противоположных сторонах резервуара и колокола. Целесообразно сварку осуществлять двум или четырем сварщикам. Последовательность выполнения швов приведена на рис. 51	Э42А	4	160
8. **Приварка корпуса резервуара к днищу с наружной стороны.** Выполняется на диаметрально противоположных участках длиной 5—6 мм в два слоя обратноступенчатым способом. Сваривать целесообразно двум или четырем сварщи-			

Наименование и последовательность этапов связи	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
кам. Последовательность выполнения сварки приведена на рис. 52 (поз. 1—12)	Э42А	4	160
9. **Сварка вертикального замыкающего шва корпуса резервуара.** Осуществляется обратноступенчатым способом в два слоя. В первую очередь выполняют шов с внутренней стороны резервуара, затем — с наружной. Общее направление сварки — снизу вверх. Сваривают при недоразвернутом корпусе колокола	Э42А	4	140
10. **Приварка корпуса колокола к нижнему горизонтальному листу внутри колокола.** Выполняется на диаметрально противоположных участках обратноступенчатым способом. Последовательность выполнения швов — на рис. 53 (поз. 13—24).	Э42А	5	200
11. **Сварка замыкающего вертикального стыка колокола.** Выполняется аналогично технологии этапа 9	Э42А	4	140
12. **Окончательная приварка колокола к нижнему горизонтальному листу с наружной стороны колокола.** Производится по ранее недоваренным участкам таврового шва (рис. 53, поз. 49).	Э42А	5	200
13. **Сварка стыковых швов окрайков днища.** Выполняется в два-три слоя с отставанием второго слоя на 30—40 мм (рис. 53, поз. 25—36)	Э42А	4	160
14. **Сварка нахлесточных швов днища с окрайками.** Производится в два слоя от середины к концам обратноступенчатым способом (рис. 53, поз. 37—48).	Э42А	4	160
15. **Приварка косынок и стоек колокола к нижнему горизонтальному листу и к корпусу колокола.** Стойки сначала приваривают к нижнему горизонтальному листу, затем посредством соединительных планок — к корпусу колокола. Сварка ведется однослойными швами (рис. 54)	Э42	4	140
16. **Сварка каркаса кровли.** Выполняется внизу отдельными блоками в кондукторах	Э42	5	250
17. **Приварка каркаса кровли к опорным стойкам и корпусу колокола.** Сначала приваривают стропильные балки к опорным планкам стоек, а затем — к корпусу колокола. Сваривают однослойными швами в нижнем и вертикальном положениях.	Э42	4	200
18. **Сварка элементов верхнего обвязочного уголка резервуара и колокола между собой и приварка его к корпусу резервуара и колокола.** Первыми сваривают поперечные стыки обвязочного уголка на площадке по всей окружности корпуса резервуара и колокола, затем приваривают уголок к корпусу резервуара и колокола участками длиной 5—6 м обратноступенчатым способом	Э42	4	160

Наименование и последовательность этапов сварки	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
19. **Сварка настила кровли.** Вначале варят стыковые швы окрайков настила «на подъем». Кольцевой шов окрайков кровли к обвязочному уголку варят участками по 4—5 м на диаметрально противоположных сторонах обратноступенчатым способом. Карты настила кровли варят однослойными швами	Э42	4	160
20. **Приварка внутренних и наружных направляющих колокола к корпусу резервуара.** Производится посредством соединительных фасонок, привариваемых с одной стороны к направляющим, с другой — к корпусу резервуара. Сварка в один проход. Последовательность выполнения сварки приведена на рис. 54	Э42	4	160
21. **Приварка наружных роликов к колоколу.** Выполняется по периметру основания корпуса в один проход	Э42А	4	160
22. **Приварка лазов к корпусу резервуара и колокола.** Ведется в два слоя. Последовательность сварки приведена на рис. 55	Э42А	4	140

Таблица 120. **Испытание отдельных узлов и элементов газгольдера**

Наименование узла или элемента	Способ испытания	Технология проведения испытания
Днище резервуара	Вакуум-способ	Производится до испытания резервуара водой. Технология испытания такая же, как у вертикальных резервуаров
Тавровый шов корпуса резервуара с днищем	Керосиновой пробой	Шов внутри резервуара смачивают керосином. В местах дефектов с наружной стороны шва появляются отпотины или жирные пятна
Затворы телескопа и колокола	Гидравлический способ	Заливают воду в гидрозатворы. В зимних условиях ее подогревают. Испытывают два раза, когда конструкции еще не окрашены и после окончания монтажа. Время выдержки воды — 12 ч
Вертикальные замыкающие швы корпуса резервуара, телескопа и колокола	Керосиновой пробой	Технология аналогична технологии испытания замыкающих швов вертикальных резервуаров
Испытание настила кровли на плотность	Пневматический	Производится созданием внутреннего давления воздухом в период подъема колокола и нанесением мыльного раствора на сварные швы снаружи
Корпуса телескопа и колокола	То же	Выполняется при опускании телескопа и колокола вниз (после испытания и подварки швов на кровле). При этом швы покрывают мыльной эмульсией

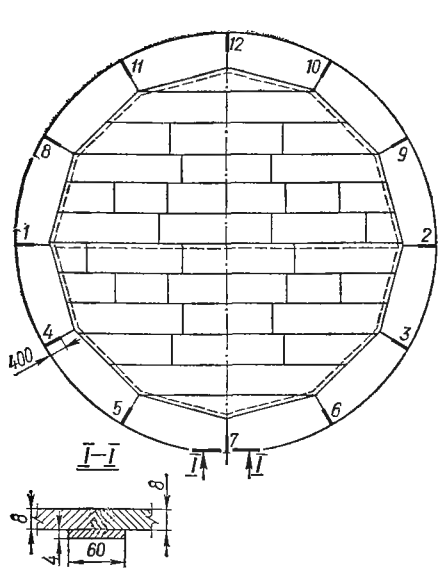


Рис. 50. Последовательность частичной сварки стыковых швов сегментных окрайков днища (обозначена цифрами).

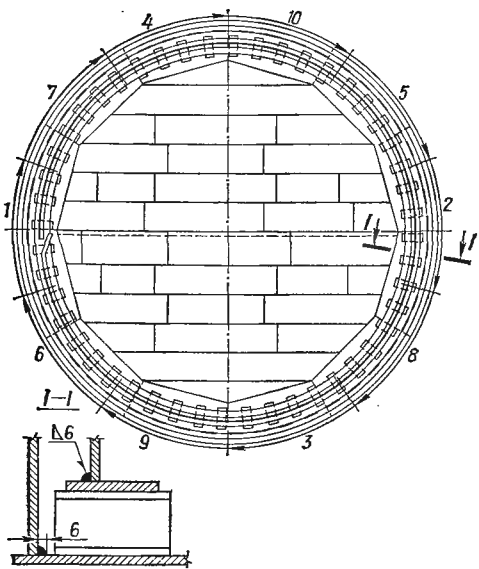


Рис. 51. Последовательность приварки корпуса резервуара к днищу с внутренней стороны и корпуса колокола к нижнему горизонтальному листу с наружной стороны колокола (обозначена цифрами).

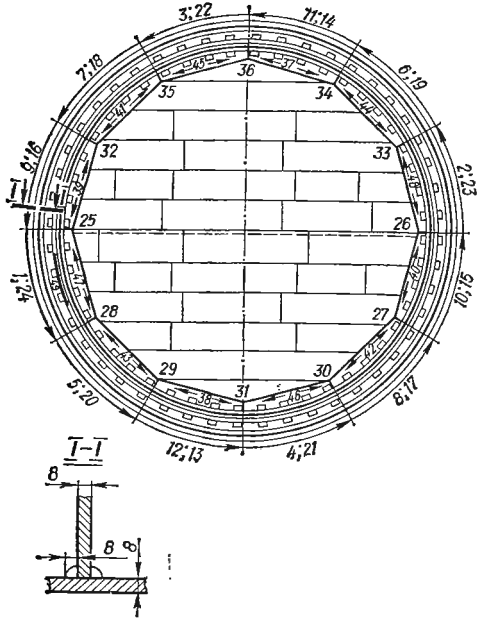


Рис. 52. Последовательность сварки:

позиции *1—12* — приварка корпуса резервуара к днищу с внешней стороны; позиции *13—24* — приварка корпуса колокола к нижнему горизонтальному листу с внутренней стороны; позиции *25—36* — сварка стыковых швов окрайков днища; позиции *37—48* — сварка нахлесточных швов днища с окрайками; позиция *49* — окончательная приварка колокола к нижнему горизонтальному листу с наружной стороны.

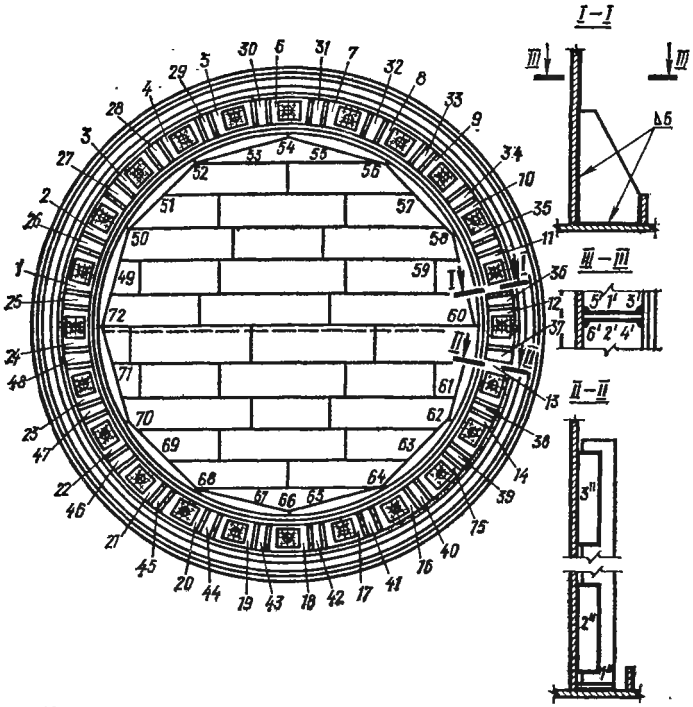


Рис. 53. Последовательность приварки косынок и стоек колокола к нижнему горизонтальному листу и корпусу колокола:

позиции *1—48* — последовательность приварки косынок; позиции *49—72* — последовательность приварки стоек; *1—6* — порядок приварки косынок; *1″—3″* — порядок приварки стойки.

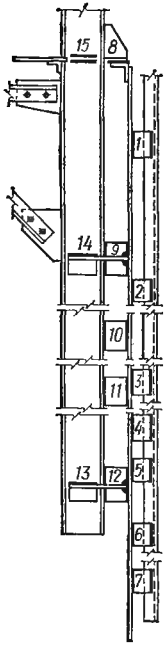


Рис. 54. Последовательность приварки внутренних и наружных направляющих (обозначена цифрами).

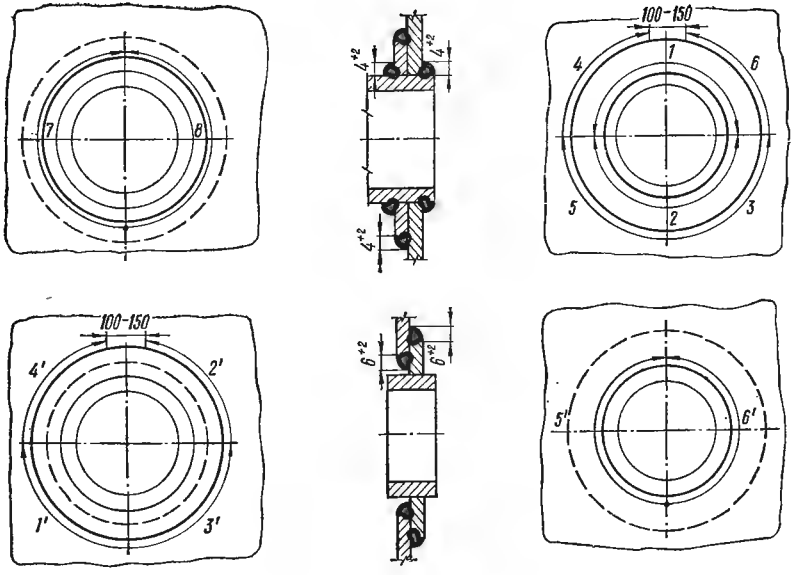


Рис. 55. Последовательность приварки лазов к корпусу резервуара и колокола (обозначена цифрами):

1—8, 1'—6' — порядок приварки лазов соответственно резервуара и колокола. Верхние участки швов 100—150 мм следует доварить после испытания на плотность.

Испытание проводят наливом воды на полную высоту ступенями (по поясам) с промежутками времени для осмотра конструкций. При выявлении трещин в швах поясов корпуса I—VI испытание приостанавливают и уровень воды снижают на один пояс ниже расположения трещины, а при обнаружении трещин в поясах VII и выше воду спускают до уровня V пояса. Испытания продолжают после устранения трещин и других дефектов. В процессе гидравлического испытания проверяют также отсутствие течи в резервуаре, плотность замерной арматуры, герметизацию днища. В случае низкой температуры предусматривается пароподогрев воды до температуры от +5 до +10°С.

Газгольдер в целом испытывают после окончания всех монтажных и сварочных работ, а также после испытания отдельных узлов и элементов газгольдера, гидравлического испытания резервуара, полной противокоррозионной окраски наружных и внутренних поверхностей колокола, телескопа и резервуара путем налива воды и нагнетания воздуха внутрь газгольдера.

Перед испытанием газгольдера на центральном люке крыши колокола устанавливают манометр, а на крыше колокола — термометры для измерения температуры воздуха в газгольдере. На наружных направляющих против каждого ролика на одном и том же уровне (от уровня воды в резервуаре) делают отметку мелом; выше ее через 100 и 200 мм наносят меловые линии, по которым в первые моменты подъема колокола следят за горизонтальностью подъема и регулируют правильность положения роликов. Непосредственно перед заливом воды необходимо повторно осмотреть нижние затворы, проверить отсутствие прихваток на нижних опорных кольцах колокола и телескопа, прикрепляющих их к днищу.

Во время подъема колокола нужно следить за показанием давления и горизонтальностью подъема; в случае резкого увеличения давления подъем колокола следует прекратить до устранения причин. Первый раз колокол и телескоп поднимают медленно, в процессе подъема и опускания проверяют плотность швов листового настила кровли и стенок телескопа и колокола, для чего сварные швы покрывают мыльной эмульсией.

После повторных подъемов и опусканий колокол и телескоп опускают в воду с таким расчетом, чтобы объем воздуха составлял 90% номинального объема газгольдера. При этом ежедневно в утреннее время замеряют утечку воздуха. Газгольдер считают выдержавшим испытание на плотность, если величина утечки газа при непрерывном испытании за семь суток не превышает 3% для газгольдеров вместимостью 3000 м³ и выше. Величина утечки относится к номинальному объему газгольдера, определяется с учетом поправки на барометрическое давление и давление водяных паров по формуле

$$V_0 = V_t \frac{273(B - P_{пар} - P)}{0{,}104\,(273^\circ + t^0)},$$

где V_0 — нормальный объем сухого воздуха, м³, при температуре 0°С и нормальном давлении (0,104 МПа); V_t — измеренный объем воздуха, м³, при средней температуре 0°С, барометрическом давлении, МПа, и среднем давлении воздуха в газгольдере P, МПа; $P_{пар}$ — парциальное давление водяных паров, находящихся в воздухе при температуре t °С и давлении B, МПа; t — средняя температура воздуха, °С, определяется как среднее арифметическое замеров температур в разных местах над крышей колокола (не менее трех).

При незначительной разнице температур в начале и конце испытания величина $P_{пар}$ может не учитываться. В этом случае утечка воздуха вычисляется по формуле

$$V_0 = V_t \frac{273\,(B + P)}{0{,}104\,(273^\circ + t^\circ)}.$$

Утечка воздуха пересчитывается на соответствующую утечку газа умножением утечки воздуха на величину $\sqrt{\frac{\gamma_в}{\gamma_г}}$, где $\gamma_в$ и $\gamma_г$ — удельные массы соответственно воздуха и газа.

В смонтированных газгольдерах допускаемые отклонения от проектных размеров (СНиП III-18-75) не должны превышать величин, мм, указанных ниже:

Разность двух любых радиусов резервуара, колокола и телескопа	Не более 20
Отклонение:	
стенок резервуара от вертикали на каждый метр высоты стенки	2
высоты резервуара от проекта	±20
радиуса горизонтальных колец гидрозатвора телескопа и колокола	±10
зазора между поверхностями гидрозатвора колокола и телескопа	±20
от проекта горизонтального размера в свету между поверхностью верхнего листа стенки телескопа и внешней гранью горизонтального листа затвора колокола, а также между вертикальной поверхностью затвора телескопа и внешней поверхностью стенки колокола	±8
от вертикали внутренних направляющих телескопа и стоек колокола (после окончания сварки) на всю высоту	10
стропил купола колокола из вертикальной плоскости, диаметра колокола	1/1000
наружных направляющих от вертикали (на всю высоту направляющих):	
в радиальном направлении	10
в плоскости, касательной к цилиндрической поверхности газгольдера	15

МОНТАЖ ШАРОВЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ШАРОВЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Шаровые резервуары применяются для хранения под давлением 0,245—1,746 МПа легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), сжиженных и сжатых газов (табл. 121). Стальная оболочка резервуара под воздействием внутреннего давления равномерно растягивается, поэтому расход металла для нее по сравнению с цилиндрическими резервуарами снижается на 40%. Шаровые резервуары требуют меньшей площади для размещения, меньше коммуникаций

Таблица 121. **Техническая характеристика шаровых резервуаров**

Вместимость, м³	Диаметр внутренний, м	Хранимый продукт	Давление, МПа			Толщина стенки, мм	Ориентировочная масса оболочки, т
			расчетное	при температуре, °С			
				50	40		
600	10,5	ЛВЖ	0,2—0,5	0,2	—0,09	12	34,0
		Бутан-бутилен	0,6	0,57	—0,08	16	45,0
		Инертный газ	0,98	0,93	—0,03	22	62,0
		Пропан	1,75	1,6	—0,01	34	96,0
2000	16	ЛВЖ	2,5	2,0	—0,96	16	101,4

и резервуарного оборудования. Применение шаровых резервуаров при давлении свыше 1,764 МПа нерационально, так как при таком давлении значительно увеличивается толщина стенки и ее расчетное сопротивление заметно снижается из-за худшего обжатия при прокатке.

Конструкции шаровых резервуаров разнообразны по раскрою оболочек корпусов резервуаров, виду опор, сопряжению оболочки с опорами и др.

Оболочка шаровых резервуаров сооружается из лепестков двоякой кривизны. При выборе экономичного метода раскроя оболочки учитываются уменьшение протяженности швов, особенности монтажа, уменьшение количества монтажных элементов, потерь металла на отходы и другие факторы. В СССР в последние годы применяются, в основном, два вида раскроя оболочки — меридиональный и экваториально-меридиональный. Последний используют для толстостенных оболочек, выпускаемых методом горячей штамповки, а также применяют при сооружении резервуаров большого диаметра. Такие оболочки всегда разделяются на пояса.

Меридиональный раскрой наиболее удобен для автоматической сварки, так как в этом случае отсутствуют экваториальные и кольцевые швы, за исключением кольцевых швов днища и купола.

Оболочки шаровых резервуаров изготавливают из качественных сталей с хорошей свариваемостью и высокими пластическими свойствами. Для этого применяют конструкционные углеродистые и низколегированные стали с пределом текучести $\sigma_т = 194—343$ МПа; стали повышенной прочности — $\sigma_т = 343—441$ МПа и высокопрочные стали — $\sigma_т = 441—735$ МПа. Последнее время для оболочек часто применяется низколегированная сталь марки 09Г2С по ГОСТ 19281—73. Для изготовления других элементов резервуара применяют, в основном, сталь марки Ст.3кп по ГОСТ 380—71 * (лестницы, площадки и др.), сталь 20 по ГОСТ 1050—74 ** (опорные стойки, связи и др.).

В нашей стране элементы оболочек шаровых резервуаров вместимостью 600 и 2000 м³ с толщиной стенки 16 мм изготавливают преимущественно методом холодной вальцовки. Метод горячей штамповки применяется при толщине стенки 24—34 мм и выполняется на специальных крупногабаритных прессах большой мощности (до 1000 т и выше) при нагреве металла до 700—850°С.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ШАРОВЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Шаровые резервуары вместимостью 600 м³ с толщиной стенки оболочки 12—22 мм поставляют на монтажные площадки в контейнерах, исключающих деформацию в процессе транспортировки, в виде 16-ти лепестков, двух элементов купола и днища; резервуары с толщиной стенки оболочки 24—34 мм — в комплекте из 32 полулепестков купола и днища.

При сооружении одиночных резервуаров применяют полепестковую (полистовую) сборку. Для этого монтируют в проектное положение опоры и в их центре устанавливают временную тумбу, на которой укладывают днище. На днище укрепляют монтажную стойку из трубы, к которой с помощью уголков стяжными приспособлениями временно крепят лепестки. После окончания монтажа и выверки оболочки ручной дуговой сваркой выполняют швы. Более совершенным способом по сравнению с описанным выше, является монтаж оболочки резервуаров из укрупненных блоков: лепестки собирают на стендах по 2—4 шт. и сваривают на поворачивающихся стендах-качалках автоматической сваркой под слоем флюса. Затем укрупненные блоки устанавливают в проектное положение и соединяют между собой ручной сваркой. При этом способе монтажа 40—65% всех швов оболочки свариваются автоматической сваркой, что значительно улучшает их качество, сокращает сроки и стоимость монтажных и сварочных работ, уменьшает количество швов, выполненных в неудобном для сварщика положении.

В настоящее время наиболее эффективным способом сооружения шаровых резервуаров являются сборка оболочки из лепестков или укрупненных блоков и автоматическая сварка на манипуляторе 100% швов. При этом сборка оболочки выполняется по двум основным технологическим схемам.

По первой схеме оболочку резервуара собирают на временном кольце из предварительно укрупненных блоков, состоящих из трех или четырех лепестков. Сборку лепестков ведут на бетонной площадке с подкладкой деревянных брусьев или шпал. Лепестки укладывают на ребро, подгоняют кромки с помощью стяжных приспособлений. Требуемый зазор между торцами лепестков образуют с помощью специальных шайб. При этом следят за соблюдением допускаемых отклонений по угловатости, зазорам и смещению кромок (рис. 56, табл. 122).

Двухлепестковые блоки в горизонтальных кондукторах укрупняют в трех- и четырехлепестковые, на которых выполняют подварку корня шва с внутренней стороны резервуара, контроль и устранение угловатости и устанавливают временные связи, обеспечивающие жесткость блока при монтаже.

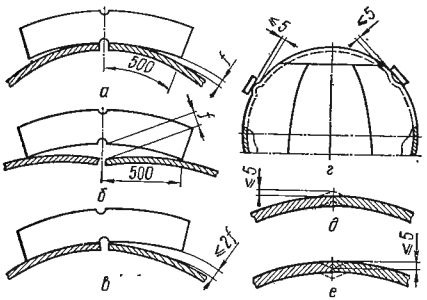


Рис. 56. Схема замеров отклонений f в шаровом резервуаре:

а, б, в — увод кромок перед сваркой; *г* — вмятины, выпуклости; *д, е* — увод кромок после сварки.

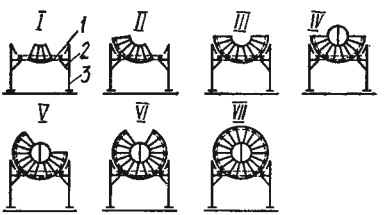


Рис. 57. Схема сборки оболочки на постоянных опорах с временным кольцом:

1 — временное кольцо; *2* — кронштейн; *3* — опора; I—VII — этапы монтажа блоков.

Оболочку резервуара собирают из блоков путем их последовательного наращивания на опорном кольце диаметром 2200 мм из швеллера № 24. Во время сборки внутрь резервуара устанавливают лестницу на шаровых опорах. Сборку оболочки резервуара завершают монтажом днища и купола.

В зависимости от организации работ сборку оболочки шарового резервуара ведут как непосредственно на проектных опорах, так и в стороне от постоянного места установки. В первом случае временное кольцо устанавливают так, чтобы резервуар находился выше проектной отметки на 100—200 мм (рис. 57). Сначала блок укладывают выпуклой поверхностью на опорное кольцо *1* (этап I). Затем со стороны ребер к нижнему блоку пристыковывают симметричные блоки (этапы II и III). После сборки этих трех блоков устанавливают купол и днище (этап IV). Затем монтируют два очередных верхних блока оболочки (этапы V и VI), после чего — замыкающий верхний блок (этап VII). Собранную оболочку устанавливают на манипулятор, с помощью которого сваривают стыки. После окончания сварки оболочку шарового резервуара с помощью манипулятора приподнимают и демонтируют временную кольцевую опору и кронштейны. Оболочку опускают в проектное положение, опоры приваривают к оболочке и соединяют их между собой крестовыми связями. После этого манипулятор демонтируют.

При поточной организации работ сборку из отдельных блоков и сварку шаровых резервуаров на манипуляторе выполняют на специальной площадке, сваренные резервуары на тележке транспортируют к месту установки, монтируют резервуары в проектное положение и осуществляют контроль сварных соединений, затем выполняют врезку штуцеров, люков, установку грузоподъемных приспособлений, обвязку трубопроводами, гидравлическое испытание и теплоизоляцию резервуара.

Поточная организация монтажа шаровых резервуаров имеет целый ряд существенных преимуществ: отпадает необходимость в устройстве основания, монтаже и демонтаже манипулятора для каждого резервуара, перемещении сварочных постов в процессе сборки, создается возможность разделения операций и параллельного ведения работ по сборке, сварке и контролю стыковых соединений.

По второй технологической схеме оболочку монтируют из двух полусфер. На металлических выверенных стендах полусферу собирают из блоков выпуклостью вверх или вниз. В первом случае подварочный шов выполняют с наружной стороны резервуара, во втором — с внутренней. Для качественного

Таблица 122. **Допускаемые отклонения кромок**

Виды отклонений от правильной геометрической формы (размеров)	Допускаемые отклонения f	Применяемый инструмент
Совместный пологий увод кромок и кривизны поверхности на длине менее 500 мм наружу или внутрь (рис. 56, *а, б, в*)	10 мм для оболочек толщиной до 28 мм; 9 мм для оболочек толщиной более 28 мм	Шаблон длиной не менее 1000 мм
Местные деформации в виде выступов и вмятин (рис. 56, *г*)	Для любых толщин не более 5 мм, при этом суммарные деформации не должны превышать 10 мм	—
Увод кромок непосредственно у сварных швов наружу или внутрь (рис. 56, *д, е*)	Для любых толщин 5 мм	—
Волнистость и смещение кромок лепестков	10% от толщины металла лепестка, но не более 3 мм	Шаблон и глубиномер
Овальность в экваториальном сечении шарового резервуара	Не более 0,5% от диаметра, если в ППР нет указаний	Мерная лента 2-го класса

Примечание. При изготовлении шаровых резервуаров диаметром более 16 м, а также шаровых резервуаров всех типоразмеров из специальных сталей допускаемые отклонения устанавливают по дополнительным техническим условиям.

выполнения подварочного шва рекомендуется технология четно-парной сборки укрупнения: сначала два лепестка в двухлепестковый блок, затем два двухлепестковых блока в четырехлепестковый блок; и, наконец, два четырехлепестковых блока в полусферу. Такой порядок укрупнения обеспечивает качественную сварку подварочного шва всегда в нижнем положении.

Как и в первом случае, сборку шарового резервуара из двух полусфер выполняют как непосредственно на проектных опорах (на временном кольце, закрепленном к кронштейнам опор), так и в стороне на шпальной клетке с последующей сваркой на манипуляторе и установкой на опоры в проектное положение. Подъем оболочки шарового резервуара выполняют двумя кранами соответствующей грузоподъемности со строповкой за монтажные штуцеры.

Оболочки шаровых резервуаров вместимостью 600 м^3 с толщиной стенки 34 мм монтируют из штампованных полулепестков также из двух предварительно собранных полусфер (рис. 58). Полусферы собирают на стенде выпуклостью вверх. В центре стенда устанавливают стойку с опорным кольцом, на которое опираются поочередно полулепестки оболочки. Положение полулепестков регу-

лируется винтами. Когда все полулепестки установлены, монтируют купол. Полностью оболочку собирают из двух полусфер и сваривают ее.

Монтаж шаровых резервуаров вместимостью 2000 м³ осуществляют двумя способами — с вертикальной и горизонтальной ориентацией блоков лепестков при сборке. Эти способы применяют для резервуаров из легких конструкций со стенками толщиной 16—18 мм. Для толстостенных тяжелых оболочек (например, для оболочки со стенками толщиной 36 мм и массой 251 т) используют полепестковый (полистовый) способ монтажа. При этом способе сооружение резервуара начинают с экваториального пояса, который укрупняют на стенде в монтажные блоки вместе с опорными стойками и собирают в проектное положение. Затем устанавливают опорную тумбу и на ней монтируют днище. После этого собирают блоки первого пояса и затем последовательно третьего и купол.

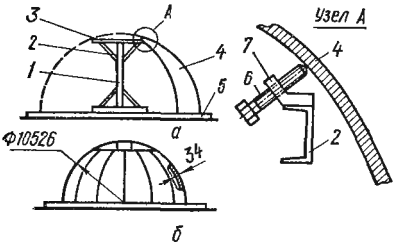


Рис. 58. Схема сборки полусферы из штампованных лепестков:

а — положение полусферы во время сборки; *б* — собранная полусфера; *1* — временная стойка; *2* — подкосы; *3* — опорное кольцо; *4* — лепесток оболочки; *5* — стенд для сборки; *6* — регулировочный винт; *7* — гайка.

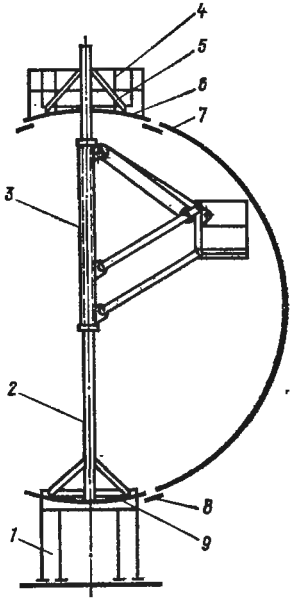


Рис. 59. Схема сборки шарового резервуара вместимостью 2000 м³ с центральной временной стойкой:

1 — неподвижная опора манипулятора; *2* — центральная стойка; *3* — поворотно-подъемное устройство; *4* — площадка; *5* — кольцо; *6* — купол; *7* — укрупненный блок из лепестков; *8* — ловители; *9* — днище.

При вертикальном способе монтажа оболочку монтируют из двух- и трехлепестковых блоков с помощью центральной временной стойки (рис. 59). К концам стойки крепят днище и купол резервуара, выверяя их по оси стойки. К стойке крепят поворотно-подъемное устройство, необходимое для установки сборочных приспособлений внутри резервуара и сварки подварочных швов. Центральную временную стойку устанавливают краном и закрепляют тремя расчалками. Первый блок из лепестков монтируют на ловители днища и закрепляют к куполу и днищу. Остальные блоки монтируют в одном направлении, проверяя на угловатость, смещение кромок и зазоры под сварку. Внутри блока с поворотной люльки сваривают подварочные швы. После окончания монтажа оболочки и сварки подварочных швов демонтируют центральную стойку и поворотно-подъемное устройство. На манипуляторе выполняют автоматическую сварку всех швов оболочки резервуара с наружной, а затем с внутренней стороны оболочки.

При горизонтальном способе монтажа оболочки на временном постаменте с опорным кольцом устанавливают укрупненные из трех меридиональных лепестков блоки, сначала три нижних, затем последующие боковые и верхние. На каждый блок перед монтажом устанавливают по длине шва временные площадки, с которых соединяют блоки и выполняют подварочные швы. Эти швы накладывают внутри резервуара, а на замыкающем — снаружи.

В настоящее время прошли производственные испытания новые способы сооружения шаровых резервуаров с автоматической сваркой монтажных швов без вращения оболочки. В этом случае оболочку собирают на постоянных опорах из блоков и стыки между блоками закрепляют для прохода формирующих устройств.

СВАРКА ШАРОВЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Перед сваркой каждый стык следует зачистить шлифовальной машинкой и при необходимости просушить кислородно-пропановым пламенем до температуры 150—200°С.

Прихватки и подварочные швы выполняются вручную электродами типа Э50А, марки УОНИ-13/55 диаметром 4 мм постоянным током обратной полярности (сила сварочного тока 160—180 А). Для подварочных швов применяют также сварку полуавтоматами А-765 или А-1197 порошковой проволокой. Свар-

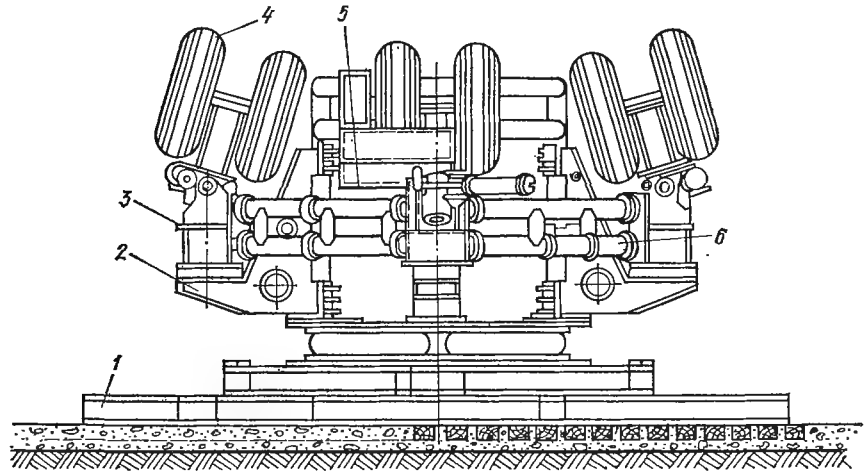


Рис. 60. Универсальный пневмоколесный манипулятор:
1 — сборно-разборный фундамент; *2, 4* — опоры; *3* — тумба; *5* — манипулятор; *6* — стяжки.

ку выполняют от середины к краям лепестков обратно-ступенчатым швом длиной не менее 1 м в нижнем положении, для чего блок за один конец приподнимают краном по мере выполнения сварочного шва.

Сварку выполняют по подварочному шву сварочными тракторами ТС-17МУ. Источником питания сварочного тока может служить выпрямитель ВКСМ-1000 в комплекте с шестью балластными реостатами типа РБ-300-11 или преобразователь АСО-2000. Для сварки применяют проволоку марок Св-08ГА, Св-10НМА и Св-12М под флюсом АН-348А. Автоматическую сварку ведут сначала с внешней стороны в верхней точке резервуара, а затем изнутри в нижней его точке. Сначала заваривают стыки днищ, затем экваториальный стык, после чего заваривают через один или два меридиональные стыки, и в последнюю очередь — кольцевые стыки днищ.

Для автоматической сварки применяют манипуляторы различных конструкций: пневмоколесный и пневмогидравлический конструкции СКБ ВНИИМонтажспецстроя, манипуляторы Н. М. Кудрявцева и Гипронефтеспецмонтажа с радиально установленными роликовыми опорами, манипулятор Г. С. Сабирова с обрезиненными стальными роликами и др. Основное назначение манипу-

ляторов — обеспечение равномерного вращения оболочки относительно неподвижного сварочного трактора для автоматической сварки меридиональных и кольцевых швов (рис. 60).

Способы сварки оболочки без применения манипуляторов:

первый — сварка автоматом СК-1 конструкции ВНИИМонтажспецстроя. Для сварки кромки листов толщиной 10—50 мм обрезают под прямым углом, стыки собирают с зазором 18—32 мм в зависимости от толщины листов и закрепляют скобами изнутри резервуара. Автомат движется по направляющему уголку, мундштук входит в зазор стыка. Сварка выполняется в среде углекислого газа проволокой марки Св-08Г2С диаметром 0,8—1,2 мм. Шов формируется на медной подкладке;

второй — сварка автоматом А-1381А конструкции института электросварки им. Е. О. Патона резервуаров диаметром от 10,5 до 16 м со стенками толщиной 16—30 мм. Оболочка сваривается за один или два прохода порошковой проволокой марки ПП-АН12 в среде углекислого газа с принудительным формированием шва охлаждаемым медным ползуном. Автомат перемещается вдоль шва по направляющей, закрепленной на оболочке резервуара.

В соответствии с нормами сварочные работы при сооружении шаровых резервуаров следует выполнять при положительных температурах в закрытом помещении. Эта задача решается за счет применения пневматических воздухоопорных оболочек типа ОУС-600 или ОУС 600/2000. Избыточное давление воздуха в оболочках и требуемая рабочая температура воздуха создаются: в укрытии ОУС-600 — вентиляторами ЦЧ-70 № 5, калориферами КВБ-5 и воздушно-отопительными агрегатами СТД-3000М; в укрытии типа ОУС-600/2000 — вентиляторами ЦЧ-70 № 10, калориферами КВБ-10 и двумя воздушно-отопительными агрегатами СТД-300М.

	ОУС-600	*ОУС-600/2000*
Геометрические размеры, м:		
диаметр	20	27
диаметр основаиия	16	22
высота	16	21
Внутреннее избыточное давление, Па	196—392	20—80
Скорость ветра на уровне земли, м/с	30	40
Температурный диапазон применения, °С	±50	±50
Установленная мощность электродвигателей (в скобках указана мощность рецнркулярных отопительных агрегатов), кВт	6 (3)	20 (6)
Внутренняя температура в холодный период года, °С	+15±2	+15±2
Строительный объем, м³	3000	9200

Крепление резинотканевых оболочек к основанию осуществляется анкерами металлического ростверка для ОУС-600 и внешнего баласта для ОУС-600/2000. Оболочка устанавливается на шаровой резервуар, находящийся на манипуляторе, с помощью крана СКГ-40 бригадой монтажников из 6—8 чел.

КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИСПЫТАНИЕ ШАРОВЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

После окончания сварки оболочки выполняются внешний осмотр, контроль качества сварных швов и гидравлические испытания резервуаров.

Внешний осмотр сварных швов резервуара производится по методике ГОСТ 3242-79. При внешнем осмотре не допускается наличие трещин, наплывов и подрезов в местах перехода от шва к основному металлу, пористость наружной поверхности шва, смещение кромок свариваемых элементов.

Механические испытания сварных соединений на ударную вязкость (по два образца на резервуар) выполняют по ГОСТ 6996—66 проверкой образцов, вырезанных из пробных пластин, сваренных одновременно с изготовлением блоков, с применением тех же исходных материалов и сварочных режимов.

Ультразвуковым контролем проверяют 100% сварных швов дефектоскопами УДМ-1М, УДМ-3 или ДУК-66П путем направленного в металл шва пучка ультразвуковых волн. При температуре воздуха ниже —10°С контролируемый участок необходимо подогреть кислородно-пропановым пламенем.

Гамма-лучами контролируют 15% длины сварных швов оболочки, причем обязательно все места пересечений швов. Для этой цели применяют гамма-дефектоскопы типа «Газпром» и ГУП-Т, которые располагают внутри оболочки на смотровой лестнице. Кассеты с пленкой устанавливают снаружи оболочки с помощью магнитных держателей МД-30. Швы признаются неудовлетворительными, если в них будут выявлены трещины, непровары по сечению шва, а также шлаковые включения или раковины, размещенные по глубине шва более 10% от толщины стенки. Дефектные участки сварных швов, выявленные при просвечивании, удаляют, вновь сваривают и контролируют.

Гидравлические испытания оболочек шаровых резервуаров производят с целью проверки их прочности и плотности. Величина пробного гидравлического давления зависит от рабочего давления. При рабочем давлении 0,245 МПа пробное гидравлическое давление составляет 0,392 МПа, при рабочем давлении 0,588 МПа — 0,882 МПа, при рабочем давлении 0,98 МПа — 1,274 МПа, при рабочем давлении 1,764 МПа — 2,254 МПа.

Под пробным давлением оболочка находится в течение 5 мин, после чего давление снижают до рабочего, при котором осматривают сварные швы. Резервуар считается выдержавшим испытание, если при этом давление не падает и не появляется течь. После гидравлических испытаний рекомендуется вторично проверить сварные соединения ультразвуком или просвечиванием, чтобы убедиться в отсутствии в швах мелких трещин.

МОНТАЖ БАШЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БАШЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Характерные особенности сооружений башенно-мачтового типа выделяют их из общей массы строительных конструкций в особую группу, требующую специальных расчетов и конструктивных решений, а также специфических приемов изготовления, транспортировки и монтажа. К числу характерных факторов, объединяющих эту группу сооружений, можно отнести следующие:

высоту, значительно превосходящую размеры сооружения у основания;

доминирующее влияние на напряженное состояние конструкций метеорологических факторов (ветер, гололед, повышенная и пониженная температуры), определяющих выбор конструктивной формы. Правильный учет влияния метеорологических факторов существенно отражается на экономичности принятых решений;

монтажные усилия, возникающие в процессе возведения сооружений башенно-мачтового типа и отличающиеся от эксплуатационных, на которые рассчитывается сооружение;

специфическую оснастку, обеспечивающую качественное исполнение, как в заводских условиях, так и в условиях монтажной площадки. В частности, наличие у мачт оттяжек из стального каната, требующих специальных работ по их изготовлению, вытяжке и испытанию;

сравнительно небольшой объем работ в каждом отдельном случае, за исключением уникальных сооружений башен и мачт высотой свыше 200 м.

Сооружения башенно-мачтового типа можно классифицировать по следующим признакам.

По общей конструктивной схеме сооружения разделяют на башни, мачты и смешанные конструкции.

Башни — это стоящие сооружения с жесткими опорными элементами, у которых отношение ширины основания к высоте составляет от 1 : 12 до 1 : 17. Расчетная схема башни — консоль, заделанная в основание. Для ее удержания в вертикальном положении не требуется оттяжек.

Мачты — сооружения с гибкими опорными элементами, шарнирно или с защемлением опирающиеся на фундамент; в вертикальном положении удерживаются одним или несколькими ярусами оттяжек. Расчетная схема мачты — сжато-изогнутый стержень, поддерживаемый упругими опорами, которые создаются оттяжками.

В практике встречаются комбинированные решения, при которых сооружение имеет признаки и башен, и мачт, например, их нижняя часть решена в виде жесткого ствола, как башня, а верхняя — в виде мачты на оттяжках. При выборе общей конструктивной схемы сооружения считается, что мачты экономичнее, чем башни, но для размещения мачт необходима бо́льшая территория, чем для башен.

По материалу несущих конструкций башенно-мачтовые сооружения бывают металлические, железобетонные и комбинированные. Последние могут быть выполнены в виде железобетонного ствола на стальной опоре или стального ствола на железобетонной опоре (Останкинская телебашня высотой 533 м в Москве, телебашня в Берлине высотой 360 м и др.).

По конструктивному решению несущих элементов сооружения разделяются на решетчатые, сплошностенные и комбинированные.

Решетчатые в зависимости от формы применяемого сортамента металла можно разделить на две подгруппы — из хорошо обтекаемых профилей (из трубчатых и сплошных круглых стержней, обладающих наименьшими коэффициентами обтекания) и из прокатных профилей (уголков, швеллеров и др.), имеющих большие коэффициенты обтекания. В зависимости от формы ствола башни или мачты в плане решетчатые сооружения бывают треугольные, квадратные и многогранные. Сплошностенные сооружения обычно выполняются круглой формы в плане, ствол у них является одновременно ограждающей конструкцией и выполняется из листовой стали.

По характеру связи между собой и взаимному воздействию друг на друга сооружения башенно-мачтового типа делятся на две группы. К первой относятся отдельно стоящие сооружения, не связанные между собой в единую механическую систему. Характерными для этой группы являются опоры РРЛ, отстоящие одна от другой по трассе линии на расстоянии 40—60 км, но механически между собой не связанные, телевизионные башни, вентиляционные и дымовые башни-трубы, буровые вышки и многие другие.

Ко второй группе относятся системы сооружений, механически связанные между собой канатами, если это опоры канатных дорог, антенными и рефлекторными полотнами, если это приемные или передающие системы радиоцентров, проводами в воздушных линиях электропередачи (ЛЭП) и пролетными строениями в высоких эстакадах.

В зависимости от вида монтажных соединений сооружения можно поделить на сборные с болтовыми соединениями и цельносварные. Наиболее распространенными соединениями в настоящее время являются фланцевые монтажные стыки, так как они требуют меньше времени на установку, чем сварные. Между тем, применение сварных монтажных стыков имеет свои преимущества, основное из них — значительно меньшая стоимость конструкций по сравнению с фланцевыми.

В соответствии со сроком службы сооружения могут быть стационарными (телевизионные и радиобашни и мачты, башни-трубы, опоры ЛЭП и др.) и временными, т. е. сборно-разборными (нефтяные и буровые вышки, метеорологические опоры и др.).

В зависимости от географического места возведения различают сооружения, рассчитанные на нагрузки соответствующих ветровых районов; в гололедном районе — рассчитанные на нагрузки, соответствующие району обледенения, в особых случаях — на сейсмические воздействия.

В зависимости от технологического назначения сооружения башенно-мачтового типа используются в качестве опор воздушных линий электропередач, телевизионных, радиорелейных, вентиляционных башен-труб, канатных дорог, створных знаков, устанавливаемых по берегам морей (озер, водохранилищ), водонапорных башен, вышек различного назначения (буровых, геодезических, обзора местности, прыжков с парашютом, лыжных трамплинов и др.), радиоопор, шпилей.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Радиорелейные опоры предназначены для размещения оборудования станций радиорелейных линий (РРЛ) с комплектом приемопередающих антенн направленной радиосвязи. Сооружаются, как правило, по типовым проектам.

В типовых опорах РРЛ высотой от 33,2 до 118,7 м в мачтовом исполнении с базой 2,4 м, разработанных институтом ЦНИИПроектстальконструкция, пояса выполнены из уголков, раскосы из круглой стали, монтажные соединения — фланцевые на болтах. В типовых опорах РРЛ высотой от 56,7 до 120,7 м в башенном исполнении с базой 18 м, разработанные институтом ЦНИИПроектстальконструкция (проект № 34100), пояса башен выполнены из труб, раскосы — из уголков, монтажные соединения — фланцевые на болтах.

Телевизионные опоры сооружаются в большинстве случаев по типовым проектам. Уникальные сооружения строят по индивидуальным проектам, учитывающим местные условия.

Типовые металлические башни высотой 180, 148 и 100 м (с учетом высоты турникетной антенны соответственно 192, 165,5 и 112,5 м) разработаны институтом ЦНИИПроектстальконструкция (типовой проект № 34084). Пояса и распорки из труб. Раскосы в большей части ствола из круглой стали, монтажные соединения — фланцевые на болтах. Ветровые районы III и IV.

Типовые металлические мачты высотой 190, 235 и 350 м разработаны институтом ЦНИИПроектстальконструкция (типовые проекты № 34113 и 34109). Пояса и распорки из труб, раскосы из круглой стали. Сечение ствола 2,5×2,5 м. Монтажные соединения — на фланцевых болтах. Ветровые районы III и V.

Среди уникальных современных сооружений можно выделить башню Киевского телецентра (рис. 61) высотой 380 м, представляющую собой решетчатую цельносварную конструкцию, основные элементы которой изготовлены из труб.

В среднем сечении (между отметками 72 и 192 м) ствол башни имеет вид восьмигранной решетчатой призмы с диаметром описанной окружности 20 м, ниже отметки 72 м — переходящую в основание, оканчивающееся четырьмя опорами (ногами) с разносом точек опирания на фундаменты по окружности диаметром 90 м. От отметки 192 до 239,4 м восьмигранная решетчатая призма вписана в окружность 12 м. Выше отметки 239,4 м решетчатая часть переходит в антенный ствол — сплошной ступенчатый цилиндр. В каждой панели призматической части башни установлены диафрагмы из радиально расположенных стержней. В местах расположения наружных площадок под оборудование роль диафрагмы выполняют сами площадки, несущие конструкции которых имеют вид восьмигранных замкнутых ферм. Проект башни Киевского телецентра разработан ГПИ Укрпроектстальконструкция с участием Института электросварки им. О. Е. Патона.

Радиоопоры. Преобладающим видом радиоопор являются мачты. Широко применяются три типоразмера секций радиоопор — треугольных в плане, со стороной треугольника 2,2, 1,35 и 0,8 м. Радиобашни, имеющие форму призмы или усеченной пирамиды, имеют несколько переломов в очертании поясов. Поперечное сечение башен квадратное или треугольное.

Вентиляционные башни-трубы служат для выброса в верхние слои атмосферы вредных газов, выделяемых химическими и металлургическими пред-

приятиями. Для повышения их долговечности, возможности быстрой и надежной смены пришедших в негодность участков в несущий каркас-башню заключают трубу. Каркас, воспринимающий вертикальную нагрузку от трубы и собственной массы, а также горизонтальные нагрузки от ветра, удален от непосредственного воздействия агрессивной среды. Обычно башни выполняют решетчатыми, четырехгранными в виде призмы, поставленной на расширяю-

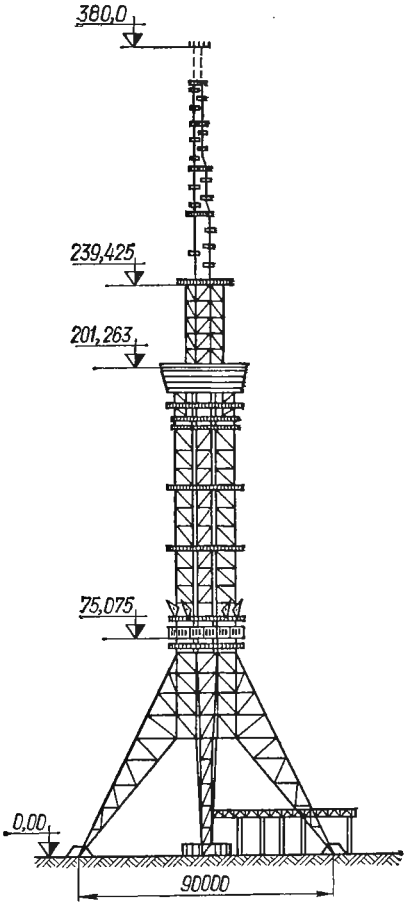
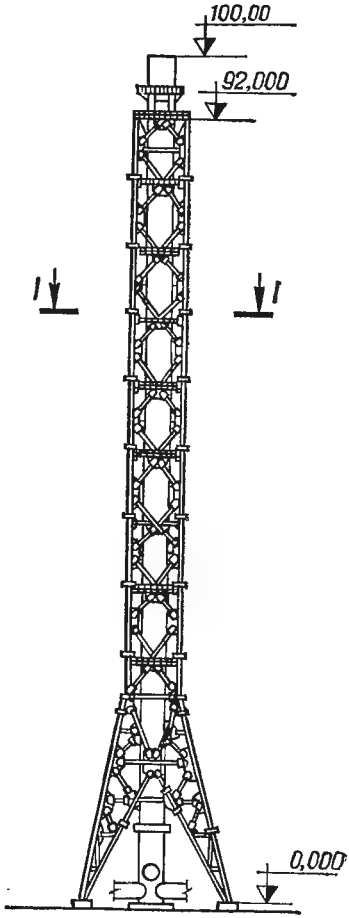


Рис. 61. Телевизионная башня высотой 380 м Киевского телецентра.



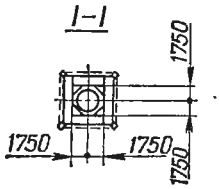


Рис. 62. Вентиляционная башня-труба высотой 100 м.

щийся к низу пирамидальный постамент. Монтажные соединения на болтах или сварные. Большинство вентиляционных башен-труб сооружаются по индивидуальным проектам (рис. 62).

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОСТОЯННЫХ ОТТЯЖЕК ДЛЯ МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Оттяжки для мачтовых сооружений изготавливают непосредственно на монтажных площадках, где сооружают мачты, и в редких случаях — на стационарных полигонах с последующей доставкой их к месту монтажа. Процесс изготовления состоит из следующих операций: размотки, разметки и резки стальных канатов, разделки концов канатов, заливки втулок специальным сплавом, сборки изоляторов, испытания секций готовых оттяжек, транспортировки оттяжек к месту монтажа.

Разматывать канат удобно автокраном, подвешивая барабан к крюку. Свободный конец разматываемого каната закрепляют через фаркопф к автомашине или трактору. Размотку можно вести также с помощью электролебедки. Для предохранения поверхности от истирания оцинкованный канат разматывают на деревянном настиле шириной 0,6 м и длиной, равной длине каната. При вытяжке и разметке применяют клиновые зажимы и обычные сжимы. Поскольку диаметры канатов для мачт принимают от 27 до 63 мм, масса клиновых зажимов достигает до 1,5 т при длине около 2 м. Поэтому удобно применять обычные сжимы из круглой стали. На одно соединение требуется 8—10 сжимов диаметром 28—32 мм дли канатов диаметром 27—42 мм и диаметром 36—38 мм для канатов диаметром 46—63 мм.

Разрезают канат газовыми резаками или маятниковыми пилами с абразивными армированными кругами. На проектную длину оттяжки дается припуск на обе стороны 70÷100 мм для предохранения концов от обжига. Перед резкой на концы каната накладывают оцинкованную проволоку диаметром 1,4—1,7 мм на длину, указанную в проекте. Обычно ее накладывают на ту часть каната, которая входит в донышко втулки и после заливки выходит из нее.

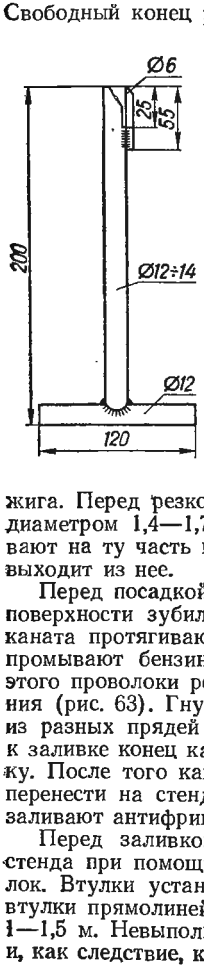


Рис. 63. Приспособление для загиба проволок.

Перед посадкой на канат втулки промывают бензином и на их внутренней поверхности зубилом наносят насечки глубиной 2—3 мм. Очищенный конец каната протягивают сквозь втулку и затем расплетают. Расплетенные концы промывают бензином и обрезают саперными ножницами в три яруса. Для этого проволоки рекомендуется загибать с помощью несложного приспособления (рис. 63). Гнутье следует начинать с нижнего яруса, при этом проволоки из разных прядей равномерно распределить по окружности. Подготовленный к заливке конец каната нужно втянуть во втулку через направляющую воронку. После того как оба конца оттяжки втянуты во втулки, канат следует перенести на стенд для заливки одновременно 12 концов 6 оттяжек. Втулки заливают антифрикционным сплавом марки ЦАМ-9-1,5.

Перед заливкой втулки подвешивают к крючьям верхней перекладины стенда при помощи металлических стержней, продетых в отверстия щек втулок. Втулки устанавливают строго вертикально, а канат направляют по оси втулки прямолинейно. Прямолинейный участок каната должен быть не менее 1—1,5 м. Невыполнение этого условия может привести к перекосу во втулке и, как следствие, к неравномерной работе проволок.

Высота стенда позволяет отрихтовать свисающий канат так, чтоб его ось совпадала с осью втулки. Сплав ЦАМ-9-1,5 расплавляют в тигле вместимостью 6—8 л на горне. Температуру сплава контролируют термопарой с милливольтметром, проградуированным в градусах, что позволяет поддерживать температуру расплавления в пределах, предусмотренных проектом.

Параллельно с плавкой в тигле при помощи газового резака равномерно обогревается наружная поверхность втулки. Контроль за температурой внутри втулки осуществляют ртутным термометром, рассчитанным на температуру 400°С. Расплавленный в тигле сплав тщательно перемешивают сухой деревянной палкой. Температура разливаемого сплава должна быть 460—480 (превышение может привести к обжигу проволок каната и снизит его прочность), а температура расплава — 480—500°С.

Оттяжки испытывают на специальных стендах (для испытания на усилия до 600 и свыше 600 кН), расположенных в непосредственной близости от места

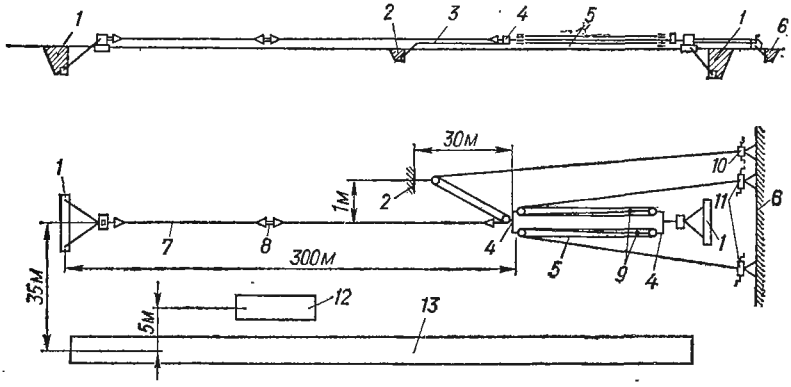


Рис. 64. Схема стенда для изготовления и испытания постоянных оттяжек:

1 — якорь на усилие 600 или 1200 кН; *2* — якорь на усилие 300 кН; *3* — 3-тонный полиспаст; *4* — траверса грузоподъемностью 120 т; *5* — 5-тонный полиспаст; *6* — якорь на усилие 50 или 100 кН; *7* — испытываемые оттяжки; *8* — соединительное звено; *9* — динамометры; *10* — электролебедка грузоподъемностью 3 т; *11* — электролебедка грузоподъемностью 5 т; *12* — стенд заливки; *13* — настил для размотки троса.

их изготовления (рис. 64). Длину стенда выбирают из условия испытания самой длинной секции и, по возможности, кратной длине коротких секций. При испытании секции соединяют между собой в цепь металлическими пластинами.

После создания необходимого усилия в испытываемой оттяжке и выдержки ее под нагрузкой в течение 20—30 мин полиспаст ослабляют до величины монтажного усилия в оттяжке и производят контрольный обмер длины изготовленных секций и собранных изоляторов. Результаты сводят в таблицу, подсчитывают общее отклонение длины оттяжки с учетом поправки, полученной при исполнительной геодезической съемке анкеров, и корректируют длину секций оттижек, изготавливаемых в последнюю очередь.

Для определения усилий вытяжки в полиспаст включают два динамометра — в «мертвую» нитку и в сбегающую ходовую нитку. Усилие вытяжки в этом случае равно среднеарифметическому показанию двух динамометров, умноженному на количество ниток в полиспасте. Недостаток этого метода — необходимость частой перестановки динамометра, включенного в ходовую нитку. Поэтому можно обходиться одним динамометром, включенным в первую нитку полиспаста. При этом усилие вытяжки будет равно среднеарифметическому от показаний динамометра в конечный момент ослабления полиспаста, умноженному на количество ниток в полиспасте. Погрешность при таком методе не превышает 2—3%, а работа значительно облегчается.

После испытания оттяжки сворачивают в транспортабельные бухты с внутренним диаметром 2,5 м для канатов диаметром до 42 мм и не менее 3,5 м для канатов больших диаметров и перевозят к месту установки.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ МОНТАЖА БАШЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Монтаж башенно-мачтовых сооружений выполняется в соответствии с проектами производства работ (ППР), в которые, кроме технических решений по монтажу и выбору монтажных механизмов, включают дополнительные технические требования (ДТТ) по изготовлению конструкций башенно-мачтовых сооружений. ДТТ обязывают заводы-изготовители обеспечить при изготовлении конструкций возможность крупноблочного монтажа, установку на конструкциях деталей крепления монтажных механизмов и приспособлений, лестниц, люлек и др.

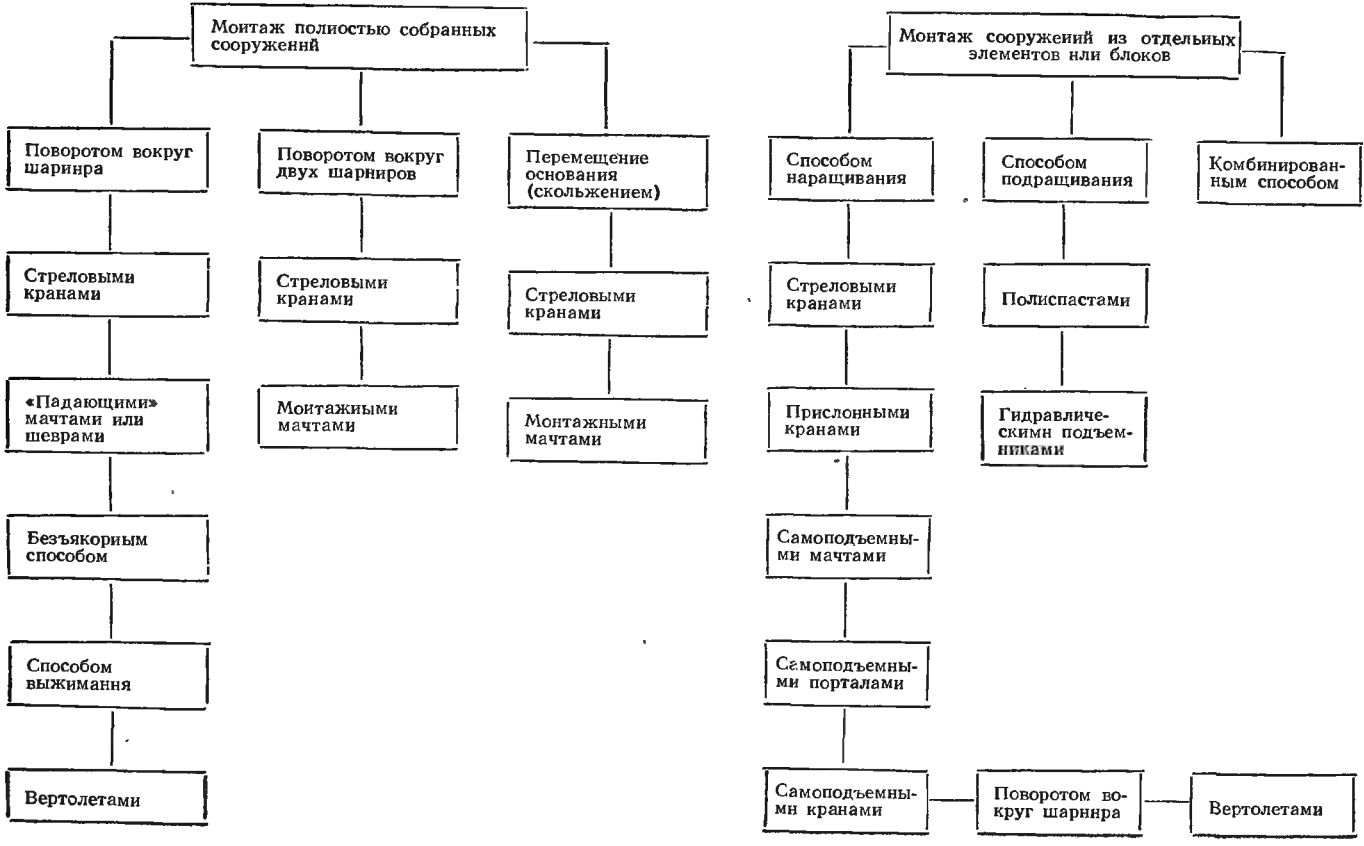
В соответствии с требованиями проекта и СНиП III-18-75 в процессе подготовки работ на площадке сооружаются временные якори, площадки для складирования и укрупнительной сборки конструкций, решаются вопросы освещения, двусторонней радиосвязи, принимаются по акту фундаменты для каждой башни или мачты. Допускаемые отклонения при приемке фундаментов и опорных частей следующие:

Расстояние между центрами фундаментов одной башни (при отсутствии указаний в проекте)	10 мм+ 0,001 проектиого расстояния при общем отклонении не более 25 мм
Угол между фактическим и проектным направлением оси тяги анкерного фундамента мачты:	
к горизонту	+0°; —4
в плане	1°
Отклонения опорных плит от проектной отметки:	
плиты центрального фундамента мачты и фундамента башни	±10 мм
раздельно стоящие плиты башни (под поясами)	1 : 1500 базы, но не более 5 мм

Грузоподъемные механизмы, применяемые при монтаже башенно-мачтовых конструкций, должны быть технически освидетельствованы на первой стоянке при монтаже каждого сооружения. Первая установка механизма на конструкции и последующая его передвижка по ходу монтажа могут производиться лишь после постановки в монтажных соединениях установленных конструкций 100% болтов и проверки качества заварки всех монтажных швов. Болты во фланцевых соединениях необходимо устанавливать с двумя гайками. До подъема каждого элемента мачты или башни следует проверять правильность изготовления и надежность прикрепления к ним деталей, служащих для установки и крепления механизмов.

Разнообразие конструктивных форм, размеров и массы башенно-мачтовых сооружений, наличие большого парка грузоподъемных механизмов и такелажных средств в монтажных организациях, а также различие конкретных условий монтажа привело к тому, что в настоящее время существует много методов возведения этих сооружений. На схеме (с. 187) приведена классификация, в основу которой положены два принципиально различных метода монтажа башенно-мачтовых сооружений: монтаж предварительно собранных сооружений и монтаж из отдельных элементов или укрупненных блоков.

Классификация методов монтажа башенно-мачтовых сооружений



МОНТАЖ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО СОБРАННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Монтаж башенно-мачтовых сооружений, заранее собранных на земле, может выполняться одним из двух способов: поворотом сооружений вокруг опорного шарнира или подъемом сооружения способом скольжения. Мачтовые сооружения способом скольжения монтируют сравнительно редко.

МОНТАЖ СООРУЖЕНИЙ ПОВОРОТОМ ВОКРУГ ШАРНИРА

При монтаже этим способом сооружение предварительно собирают в горизонтальном положении (или с небольшим наклоном в сторону подъема), основание его закрепляют в специальном шарнире и все сооружение поднимают, поворачивая в вертикальное положение вокруг неподвижного шарнира.

Масса монтируемого сооружения может превышать в два раза грузоподъемность монтажных средств, что позволяет расширить область примене-

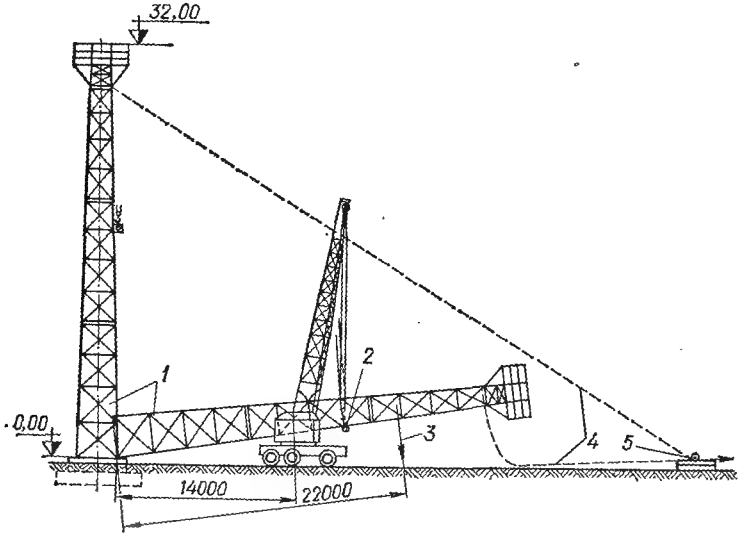


Рис. 65. Схема монтажа осветительной мачты высотой 32 м, массой 12 т кранами К-104 и К-123:

1 — осветительная мачта до и после монтажа; *2* — строповка с помощью траверсы; *3* — центр тяжести; *4* — расчалка из троса диаметром 19 мм, длиной 65 м; *5* — жестко закрепленный блок.

ния грузоподъемного оборудования. Кроме того, грузоподъемное оборудование, такелаж и поднимаемая конструкция наиболее нагружены лишь в начальный момент подъема. Это обстоятельство используется для предварительного испытания грузоподъемного оборудования и такелажа.

Монтаж башенно-мачтовых сооружений кранами — достаточно эффективный, но редко применяющийся способ. Поднимаемые конструкции стропят выше центра тяжести, что предопределяет использование кранов с большой высотой подъема. По мере подъема крюка сооружение поднимается, поворачиваясь вокруг опорного шарнира, при этом места строповки перемещаются относительно первоначального положения. Поэтому в процессе подъема необходимо или изменять вылет стрелы и поворачивать ее в сторону фундаментов сооружения, или одновременно с подъемом перемещать кран вдоль монтируемого сооружения в ту же сторону.

Использование кранов (рис. 65) для монтажа собранных на земле башенно-мачтовых сооружений значительно уменьшает объем такелажных работ.

Количество одновременно используемых кранов зависит от массы и габаритов сооружений. Основным фактором, ограничивающим использование кранов для этого способа, является высота возводимых сооружений, в связи с трудностью подбора стреловых кранов с необходимой высотой подъема крюка. В этих случаях применяют комбинированную схему монтажа, при которой сооружение поднимают краном до предельной высоты подъема крюка, а затем с помощью лебедки и вспомогательных полиспастов доводят сооружение до проектного положения (рис. 66).

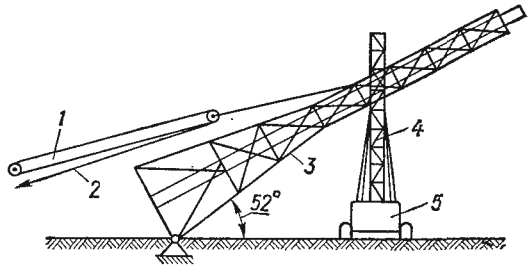


Рис. 66. Подъем сооружения краном и вспомогательным полиспастом:

1 — вспомогательный полиспаст; *2* — сбегающая нитка полиспаста к лебедке $Q=0,5$ т; *3* — поднимаемое сооружение; *4* — стрела крана длиной 22,5 м; *5* — стреловой кран.

Применение кранов для монтажа связано с тем обстоятельством, что строповка сооружения производится в одном сечении, при этом в ряде случаев возникает необходимость усиления элементов поднимаемой конструкции, так как монтажные усилия превосходят эксплуатационные.

Монтаж всех видов башенно-мачтовых сооружений поворотом вокруг шарнира может быть эффективным с помощью стреловых кранов, обладающих необходимыми параметрами при наличии на площадке места для сборки сооружения в горизонтальном положении.

Монтаж сооружений мачтами (рис. 67). Грузоподъемность монтажных мачт при возведении башенно-мачтовых сооружений данным способом определяют в зависимости от места строповки поднимаемого сооружения: чем ближе оно к опорному шарниру, тем большие усилия действуют на мачту, но вместе с тем меньшей может быть выбрана ее высота. В последней стадии подъема, при приближении конструкции к вертикальному положению, подъемный полиспаст может занять такое положение, которое вызовет в мачте отрывающие усилия.

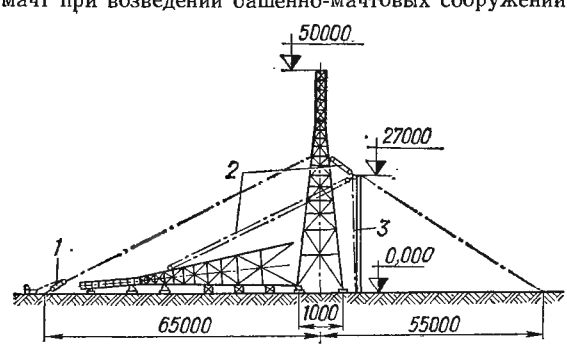


Рис. 67. Подъем сооружения массой 58 т монтажной мачтой:

1, *2* — полиспасты соответственно тормозной и грузовой; *3* — монтажная мачта.

Рассматриваемый способ монтажа для башенно-мачтовых сооружений большой высоты не рационален, так как их высота часто превышает параметры монтажных мачт (высоту подъема груза и грузоподъемность). Кроме этого, возникает необходимость устройства якорей для расчалок мачты, на которые передаются значительные усилия от грузового полиспаста. При монтаже тяжелых конструкций мачтами небольшой высоты возникают большие усилия

в расчалке, что требует ее выполнения в виде многониточного полиспаста и устройства мощного якоря для ее крепления. Усилия в подъемном полиспасте значительно превышают массу поднимаемого сооружения, при этом в поворотном шарнире возникает существенное горизонтальное усилие.

В некоторых случаях для того, чтобы уменьшить высоту монтажной мачты, подъем основным грузовым полиспастом производится не до проектного вертикального положения, а до поворота конструкции на 50—70° к горизонту. Далее продолжают поворачивать вспомогательным полиспастом, закрепленным за ранее смонтированные сооружения.

Монтаж поворотом вокруг двух шарниров (рис. 68) — способ, которым можно монтировать сооружения значительной высоты с использованием грузоподъемных средств с относительно небольшой высотой подъема крюка. При этом сооружение собирают в горизонтальном положении, основание его шарнирно закрепляют на фундаменте. В собранной конструкции устраивают в месте монтажного соединения второй промежуточный шарнир на расстоянии около 0,4 высоты сооружения от основания. По оси промежуточного шарнира его делят на две секции— верхнюю и нижнюю. Подъем ведут поэтапно:

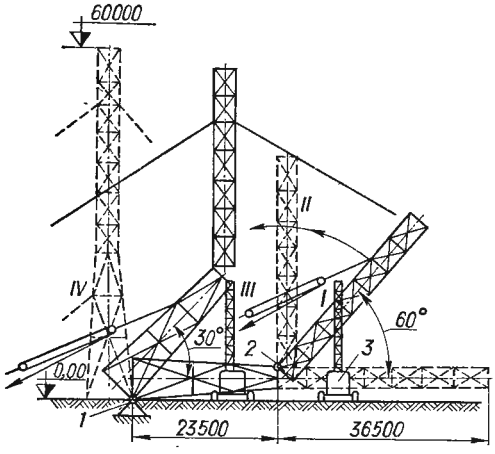


Рис. 68. Схема монтажа сооружения массой 63 т поворотом вокруг двух шарниров: I—IV — этапы подъема; *1, 2* — шарниры соответственно основной и вспомогательный; *3* — кран СКГ-40.

1-й этап — подъем верхней секции поворотом вокруг промежуточного шарнира двумя кранами с передвижением их в сторону промежуточного шарнира вдоль поднимаемого сооружения. Этап завершается, когда угол наклона верхней секции составит 60° к горизонту;

2-й этап — дотяжка верхней секции с помощью полиспаста и расчалки до положения, при котором угол отклонения ее от вертикали достигнет не более 3°;

3-й этап — подъем нижней секции совместно с поднятой верхней кранами. Нижнюю секцию поднимают до угла 30°. В процессе ее подъема верхняя отклоняется от вертикали на 10°, после чего подъем кранами прекращается и при помощи расчалки верхнюю часть сооружения дотягивают до положения, при котором угол отклонения от вертикали не превышает 3°. Затем снова поднимают нижнюю секцию кранами и цикл повторяется. Таким образом, сооружение поднимают до тех пор, пока нижняя часть его не поднимается на угол 30°, после чего нагрузка с кранов передается на подтягивающий полиспаст;

4-й этап — дотягивание нижней секции совместно с верхней до проектного положения указанным полиспастом.

Таким способом можно монтировать башни и мачты также при помощи монтажных мачт, установленных по обе стороны поднимаемого сооружения. Монтаж башенно-мачтовых сооружений способом поворота вокруг шарниров, несмотря на сложность технологического процесса, может применяться для различных видов сооружений, особенно для мачтовых, имеющих постоянные оттяжки, в случае отсутствия грузоподъемных средств, обеспечивающих монтаж другими,— более простыми способами.

Монтаж с помощью «падающих» мачт и шевров — наиболее распространен при подъеме их поворотом вокруг шарнира (рис. 69). Верх мачты или шевра

тягами соединен с поднимаемым сооружением. Усилие от лебедок или тягачей передается через полиспасты на оголовок «падающей» мачты и с помощью тяг переходит на поднимаемое сооружение. В процессе подъема «падающая» мачта опускается и переходит из вертикального положения в горизонтальное, а поднимаемое сооружение, поворачиваясь вокруг шарнира, переходит из горизонтального положения в проектное. Поворотные шарниры сооружения и мачты (шевра) совмещают или устанавливают в непосредственной близости друг от друга. Шарниры сооружений крепят к фундаментам, проверенным расчетом на нагрузку, действующую на шарнир в процессе подъема. Шарнир «падающей» мачты, если он не совмещен с шарниром сооружения, устанавливают на отдельном фундаменте или на опорных конструкциях поднимаемого сооружения при достаточной их прочности. Для предотвращения выхода

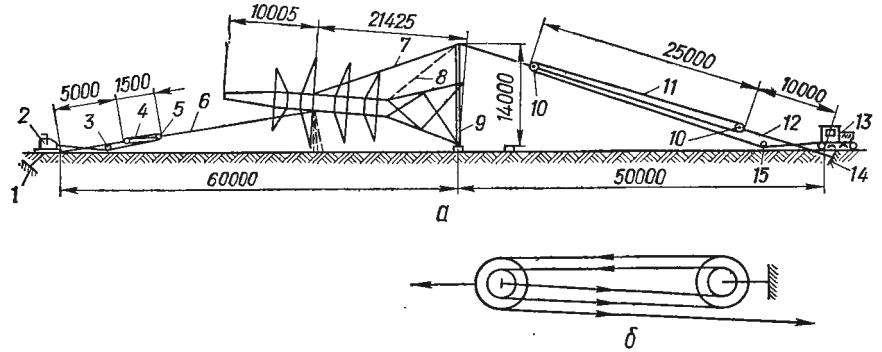


Рис. 69. Монтаж опоры ЛЭП высотой 31,43 м:

а — схема подъема; *б* — схема запасовки полиспаста $Q=20$ т; *1* — якорь тормозного полиспаста; *2* — тормозная ручная лебедка; *3* — отводной блок тормозного полиспаста; *4, 11* — полиспасты соответственно тормозной и подъемный; *5, 10* — блоки полиспастов соответственно тормозного и тягового; *6, 7, 12* — тяги соответственно тормозного полиспаста $Q=5$ т, опоры, подъемного полиспаста; *8* — строп, удерживающий стрелу; *9* — шевр; *13* — трактор; *14* — якорь тягового полиспаста; *15* — отводной блок тягового полиспаста.

«падающей» мачты из плоскости подъема предусматривают две боковые расчалки, располагаемые в плоскости, перпендикулярной к плоскости подъема, закрепляемые за якори, устанавливаемые по оси поворота «падающей» мачты. При монтаже различают четыре схемы запасовки полиспастов (рис. 70).

Тяги, применяемые для подъема сооружений, могут соединяться с «падающей» мачтой по двум различным схемам. При первой их глухо крепят к оголовку «падающей» мачты, при второй опирают на оголовок мачты свободно, так, что в определенный момент тяги отделяются от оголовка и ее освобождают. Первая схема наиболее эффективна при подъеме недостаточно жестких сооружений большой высоты. Количество тяг, постоянно закрепленных к оголовку «падающей» мачты, выбирается в зависимости от величины напряжений в конструкциях сооружения в процессе подъема. Для того чтобы тяги работали равномерно, контролируют их длину и предварительное натяжение с помощью фаркопфов, обеспечивая этим прямолинейность конструкций.

В процессе поворота «падающая» мачта перестает воспринимать сжимающие усилия, так как направление подъемных тяг со стороны полиспастов совпадает с направлением тяг, поддерживающих конструкцию. С этого момента при неизменной связи «падающей» мачты с нижним шарниром и закреплении подъемных тяг на оголовке мачты в последней возникает растяжение. Это явление может воспрепятствовать дальнейшему подъему или вызвать значительную нагрузку на систему тяг или монтажную мачту. Во избежание этого при применении первой схемы соединения тяг в начальный период используют основной полиспаст, затем, когда направление поддерживающих тяг приближается к направлению основного полиспаста, работу последнего

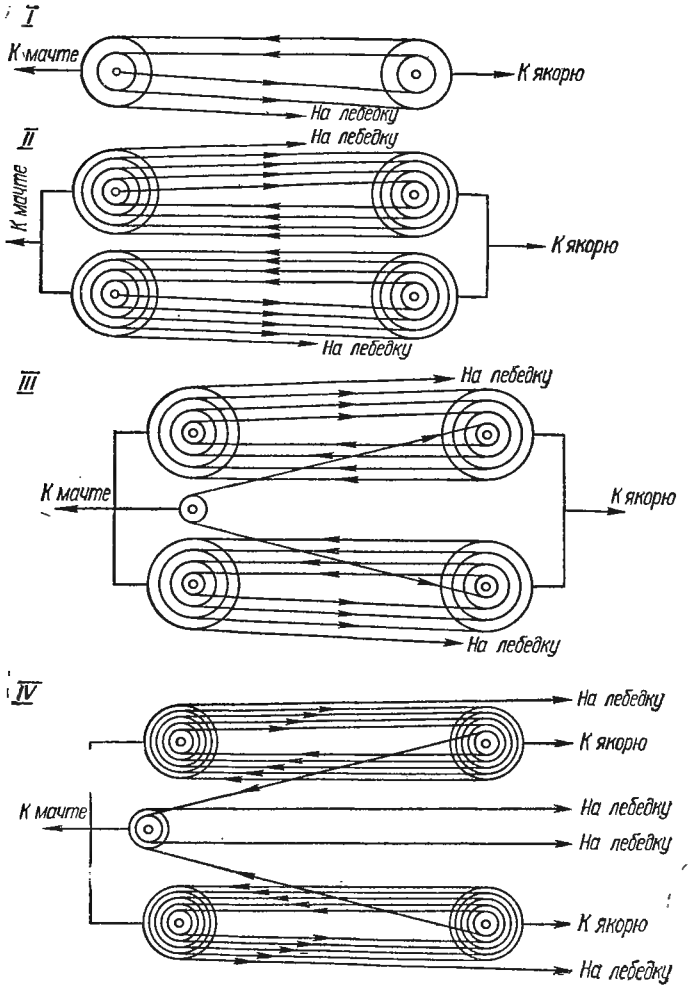


Рис. 70. Схемы запасовки полиспастов I—IV.

прекращают и включают в работу вспомогательный, с помощью которого осуществляют доводку сооружения в вертикальное положение.

Рассматриваемым способом смонтированы мачты 19 опор радиорелейных линий Киев — Днепропетровск, Харьков — Сумы, Черновцы — Могилев-Подольский, а также мачта высотой 109 м четырехгранной решетчатой конструкции с базой 1,5×1,5 м (рис. 71). Подъем осуществляли с помощью «падающей» мачты высотой 40 м, к оголовку которой жестко закрепили шесть подъемных тяг с натяжными приспособлениями.

При работе по второй схеме основной полиспаст применяется от начала подъема до выхода сооружения в положение, близкое к вертикальному. Когда направление поддерживающих тяг совпадает с направлением полиспаста, тяги отделяются от «падающей» мачты и она опускается на тросе.

Усилия подъема передаются полиспастами до достижения ими нейтрального положения непосредственно на поднимаемое сооружение, минуя «падающую» мачту.

В процессе подъема башенно-мачтовые сооружения расчаливают в направлении, перпендикулярном к направлению подъема; для мачтовых сооружений с этой целью целесообразно использовать постоянные оттяжки и анкеры.

При подъеме башенно-мачтовых сооружений поворотом вокруг шарнира с помощью «падающей» мачты или шевра сжимающие усилия N в «падающей» мачте и усилия T в тяговом полиспасте зависят от расстояния между якорем и шарниром поворота (рис. 72). В первоначальный момент подъема они не зависят от вида соединения тяг с оголовком «падающей» мачты (жест-

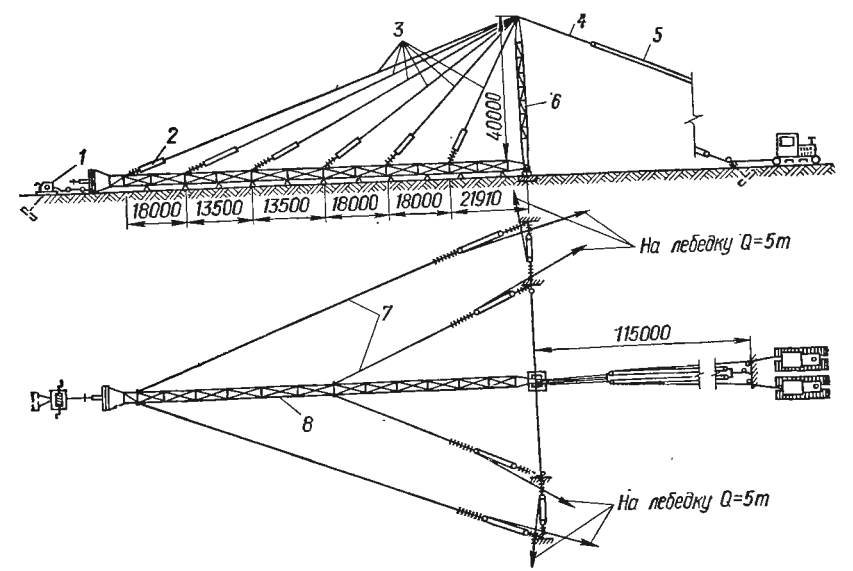


Рис. 71. Схема монтажа мачты высотой 109 м:

1 — лебедка Q=5 т; *2* — натяжные приспособления; *3* — тяги из троса диаметром 36 мм; *6* — «падающая» мачта высотой 40 м; *4* — тяги из троса диаметром 46 мм; *5* — грузовой полиспаст (трос диаметром 22 мм, длиной 840 м); *7* — постоянные оттяжки; *8* — мачта РРЛ высотой 108,9 м.

кого или свободного опирания) и уменьшаются по мере удаления якоря от шарнира. В процессе подъема сооружения монтажные усилия в мачте и полиспастах уменьшаются. При жестком креплении тяг в «падающей» мачте в конце подъема возникают растягивающие усилия. Оптимальное расстояние от якоря до шарнира в зависимости от высоты «падающей» мачты выбирается из расчета $L=(2{,}5\div3{,}5)\ h$ вне зависимости от способа соединения тяг с ее оголовком.

На монтажные усилия, воздействующие на якорь тягового полиспаста T, и усилия, сжимающие подиимаемое сооружение ΣN, в значительной степени влияет угол γ° начальной установки «падающей» мачты. Указанные усилия взаимосвязаны — при увеличении T сжимающие усилия ΣN уменьшаются и наоборот.

Оптимальный угол первоначальной установки «падающей» мачты γ° относительно вертикали определяют параметрами поднимаемого сооружения. При подъеме легких конструкций с небольшой собственной массой и малой жесткостью увеличением усилий в якоре можно пренебречь. В этом случае нужно стремиться к уменьшению сжимающих усилий ΣN, т. е. необходимо, чтобы

$\gamma>0$ (наклонять «падающую» мачту в сторону поднимаемого сооружения). И наоборот, при подъеме тяжелых и достаточно жестких конструкций следует уделять внимание уменьшению усилий T в якоре. В этом случае целесообразно наклонять стрелу в сторону тягового полиспаста, т. е. $\gamma<0$.

Монтажные напряжения в поднимаемом сооружении находятся в прямой зависимости от выбранной схемы строповки. При заданной высоте «падающей» мачты ее определяют количеством и местами крепления тяг к поднимаемой конструкции, а также способом их крепления к оголовку «падающей» мачты. Для строповки двумя тягами можно рекомендовать следующее:

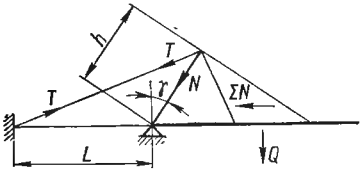


Рис. 72. Схема монтажа сооружения с помощью «падающей» мачты.

учитывая влияние неравномерности натяжения тяг на напряженное состояние поднимаемого сооружения, схема строповки с жестким креплением тяг к оголовку «падающей» мачты целесообразна только при тщательном контроле предварительного натяжения (ошибки не превышают 5—7%). В остальных случаях рекомендуется менее трудоемкая и нечувствительная к ошибкам схема со свободным опиранием тяг на оголовок «падающей» мачты;

для уменьшения неравномерности напряжения тяг при жестком креплении их к оголовку «падающей» мачты нужно особенно тщательно контролировать напряжение в тяге, расположенной со стороны «падающей» мачты.

Безъякорный монтаж башенно-мачтовых сооружений осуществляют следующим образом. Башенные опоры поднимают подъемным полиспастом монтажной мачты, устанавливаемой между элементами решетки собранной на

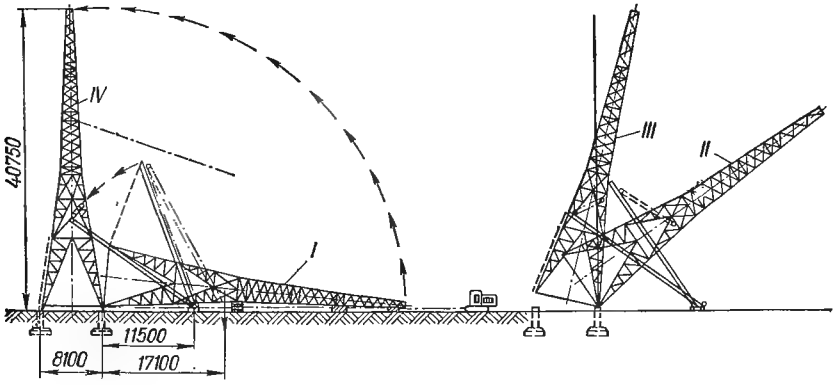


Рис. 73. Монтаж опоры ЛЭП высотой 40,7 м безъякорным методом с помощью мачты:

I—IV — этапы монтажа.

земле башни (рис. 73). Оголовок мачты расчаливают к опорным узлам поднимаемой башни. Расчалки обеспечивают устойчивость мачты в плоскости подъема и передают часть горизонтальных составляющих усилий подъемного полиспаста на конструкцию башни. Для восприятия возникающей в процессе подъема горизонтальной силы поворотные шарниры башни соединяют с опорным шарниром монтажной мачты тросовыми тягами, в результате чего образуется замкнутая система взаимоуравновешенных внутренних сил. Благодаря этому безъякорный монтаж имеет преимущества по сравнению с монтажом «падающей» мачты. Отпадает необходимость в якорях и раскреплении фунда-

ментов сооружения на горизонтальную силу и появляется возможность монтажа в относительно стесненных условиях.

При монтаже башен и мачт высотой свыше 50 м место строповки смещают к вершине сооружения относительно вертикальной плоскости, проходящей через опорные шарниры портала. Значительные усилия N, возникающие в начальный момент подъема ($N \geqslant 1{,}5\ P$), требуют усилия элементов поднимаемого сооружения в месте строповки (P — масса сооружения).

Монтаж мачт и башен средней и большой высоты по безъякорной схеме с помощью портала не нашел широкого применения, так как для рассредоточения монтажных усилий каркасы этих сооружений при подъеме их целиком

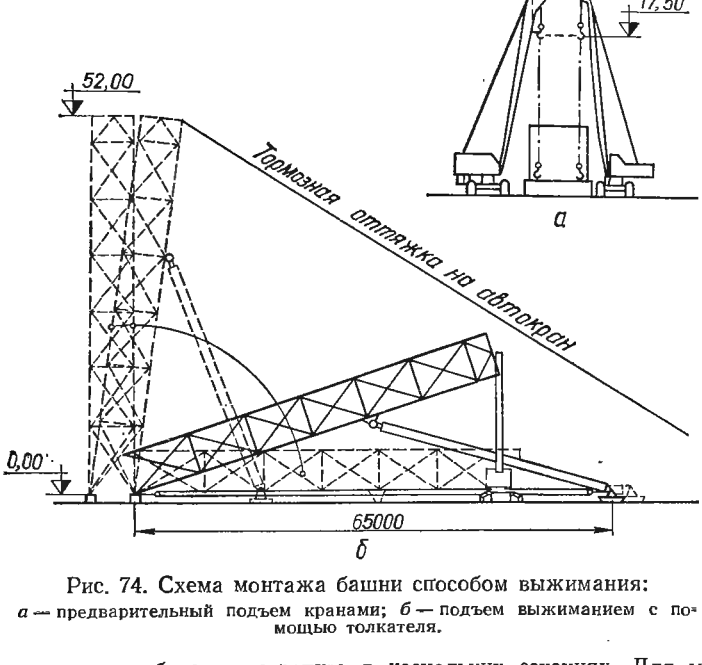


Рис. 74. Схема монтажа башни способом выжимания:
а — предварительный подъем кранами; *б* — подъем выжиманием с помощью толкателя.

вокруг шарнира необходимо стропить в нескольких сечениях. Для монтажа сооружений небольшой высоты (до 50 м) и массы (при $\frac{Q}{H} \leqslant 1$ т/м), допускающих крепление полиспастов в одном сечении (это башни-трубы, металлические этажерки с технологическим оборудованием и др.), безъякорная схема эффективна.

Монтаж сооружений выжиманием, так же как и безъякорный способ, основывается на создании замкнутой системы сил, возникающих при подъеме. Монтируемую конструкцию закрепляют в поворотном шарнире и через жесткий шарнир или гибкие подвески крепят к ней специальные толкатели (один или два), нижние концы которых устанавливают на рельсовые пути и связывают полиспастами с поворотным шарниром. Перемещаясь по направляющим с помощью полиспастов, толкатель выводит тем самым сооружение в вертикальное положение. Поскольку максимальные усилия в тяговом полиспасте и толкателе возникают в начальный период монтажа, целесообразно для подъема сооружения до угла 15—20° использовать краны или другие вспомогательные механизмы (рис. 74, *а*), после чего поднимать с помощью толкателя и полиспастов методом выжимания (рис. 74, *б*). При этом сокращается длина накаточного пути.

Применяют две основные схемы этого способа: крепление толкателя непосредственно к конструкциям сооружения и крепление толкателя к конструкциям с помощью гибких подвесок. Первая схема более приемлема для сооружений, обладающих значительной жесткостью, так как при предварительном подъеме с помощью вспомогательных механизмов при недостаточной жесткости возможны деформации. Толкатель к поднимаемому сооружению крепят вблизи его центра тяжести, его длина выбирается минимальной из условия завершения подъема. Вторая схема (наиболее эффективная) позволяет за счет снижения усилий в такелажной оснастке обеспечить более оптимальное распределение монтажных нагрузок в конструкции. Это достигается строповкой подвесок к конструкции в нескольких сечениях для разгрузки наиболее напряженных мест.

Монтаж выжиманием наряду с общими для способа поворота вокруг шарнира преимуществами обладает такими особенностями: возможностью подъема сооружений в стесненных условиях монтажной площадки; отсутствием расчалок и якорей для крепления такелажных средств, которые применяются при монтаже с помощью мачт; незначительными горизонтальными усилиями на фундамент, слагающимися только из тяговых усилий лебедок и усилий трения толкателей о рельсы; расположением грузовых полиспастов на небольшой высоте, что создает удобство для контроля их работы в процессе подъема; возможностью подъема сооружений с различной жесткостью конструкций.

ПОДЪЕМ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ «СКОЛЬЖЕНИЯ»

При монтаже этим способом сооружение предварительно собирают в горизонтальном положении (или с небольшим наклоном в сторону подъема) и грузоподъемными средствами поднимают его, перемещая основание в сторону фундаментов.

При монтаже способом «скольжения» с помощью крана сооружения строят несколько выше центра тяжести. В процессе подъема основание перемещается по земле или по специальным направляющим устройствам в сторону фундаментов. На последнем этапе подъема сооружение отрывают от земли, наводят на анкерные болты и устанавливают в проектное положение. Приближение места строповки к центру тяжести увеличивает угол отклонения от вертикали поднятого над землей сооружения (рис. 75), который зависит от его поперечного сечения в месте строповки и расстояния по оси от центра тяжести до места строповки $L = \operatorname{arctg} \frac{B}{2b}$.

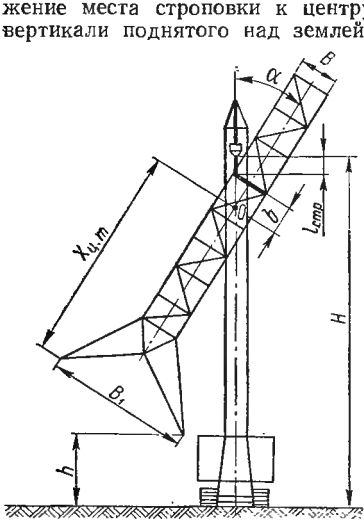


Рис. 75. Схема монтажа башни способом скольжения с помощью крана.

При приближении места строповки к центру тяжести угол возрастает и увеличивается отрыв основания от земли

$$h = H - l_c - \frac{b}{\cos\alpha} - X_{ц.т}\cos\alpha - \frac{B_1}{2}\sin\alpha,$$

где h — высота подъема сооружения от земли, м; H — высота подъема крана, м; B и B_1 — ширина конструкции у вершины и основания, м; l_c — длина стропа, м; $X_{ц.т}$ — расстояние от центра тяжести до основания, м; α — угол наклона сооружения при подъеме.

Место строповки выбирается так, чтобы при опускании на анкерные болты угол отклонения сооружения от вертикали не превышал 10—15°, была исключена операция разворота стрелы с поднятым сооружением и при подъеме конструкция касалась стрелы.

Преимущества подъема башенно-мачтовых сооружений способом скольжения с помощью кранов следующие: сокращаются время и затраты на подготовительные работы по сравнению с подъемом вокруг шарнира мачтами, скольжением с помощью мачт и др.; подъем производится без применения специальных грузоподъемных средств стреловыми кранами, используемыми для всех видов монтажных работ; в период монтажа на фундамент не действуют горизонтальные нагрузки и не требуется усиление фундаментов. Однако при этом способе требуются краны с длинной стрелой и грузоподъемностью не менее массы самого сооружения, а также вспомогательный механизм и полиспаст для подтягивания основания сооружения.

При монтаже способом скольжения башен и мачт с большой массой и высотой применяют монтажные мачты. Обычно используют две, расположенные по обеим сторонам поднимаемого сооружения и по оси фундаментов. Стропят сооружение в жестком узле выше центра тяжести. При большой высоте сооружения для снижения места строповки применяют закрепляемый к нему контргруз.

Для обеспечения минимального угла отклонения грузовых полиспастов от плоскости мачт в процессе подъема основание сооружения подтаскивают по направляющим устройствам к фундаменту, уменьшая этим нагрузку на такелажную оснастку. В первоначальный период подъема эти нагрузки значительны и тем больше, чем больше угол отклонения грузовых полиспастов от оси мачт.

На заключительном этапе монтажа сооружение отрывают от земли и поднимают на определенную высоту для того, чтобы поставить на фундаменты и завести в анкеры. В это время в такелажной оснастке возникают максимальные усилия, так как конструкция зависает на стропах над местом установки. Подъем полностью собранных сооружений с помощью мачт с перемещением основания по направляющим устройствам выполняют в основном на монтаже вентиляционных башен-труб с развитыми сечениями поясов и раскосов, обычно при усилении конструкции в месте строповки.

* * *

Монтаж собранных сооружений поворотом вокруг шарнира и «скольжением» характеризуется следующими основными особенностями:

сборка и сварка сооружения выполняется на земле в удобных и безопасных условиях с применением небольшого количества подмостей и люлек. Контроль за ходом работ и проверка качества их осуществляется относительно легко и безопасно;

тяжелые краны и такелажное оборудование необходимы для подъема уже собранного сооружения. При возведении группы сооружений, расположенных недалеко друг от друга, открывается широкий фронт работ для одновременной сборки всех сооружений на земле; подъем же сооружения осуществляется последовательно одним комплектом кранов или такелажного оборудования и устройств;

установка такелажного оборудования и устройств производится на земле, поэтому удобно осматривать их до подъема сооружения;

при монтаже сооружений поворотом вокруг шарнира масса поднимаемых конструкций может быть больше грузоподъемности используемых подъемных средств. Максимальные нагрузки на грузоподъемные краны, такелажное оборудование, конструкции и фундаменты действуют только в первоначальный момент подъема, что является испытанием возводимых конструкций и средств монтажа. При монтаже скольжения максимальные нагрузки возникают на заключительном этапе монтажа;

окраску конструкции можно выполнять внизу.

МОНТАЖ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЛИ УКРУПНЕННЫХ БЛОКОВ

Монтаж сооружений из отдельных элементов или укрупненных блоков может производиться двумя методами: наращиванием и подращиванием. Кроме того, при монтаже вентиляционных башен-труб применяют комбинированный метод, при котором конструкции каркаса башен монтируют наращиванием, а собственно труб — подращиванием.

МОНТАЖ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ НАРАЩИВАНИЯ

При возведении сооружений средней и большой высоты наращивание применяют, когда монтаж ведется снизу вверх с последовательной установкой и окончательным закреплением элементов в проектном положении.

Отличительной особенностью способа является то, что монтируемые конструкции сооружений испытывают в процессе монтажа нагрузки от собствен-

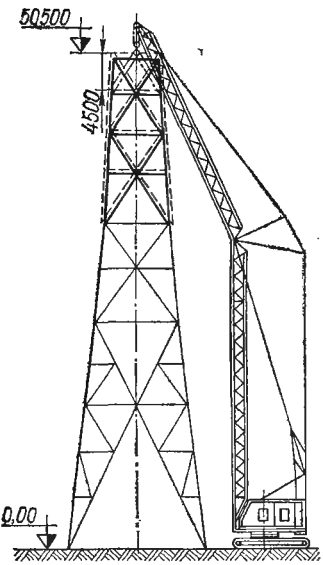


Рис. 76. Схема монтажа башни самоходным стреловым краном.

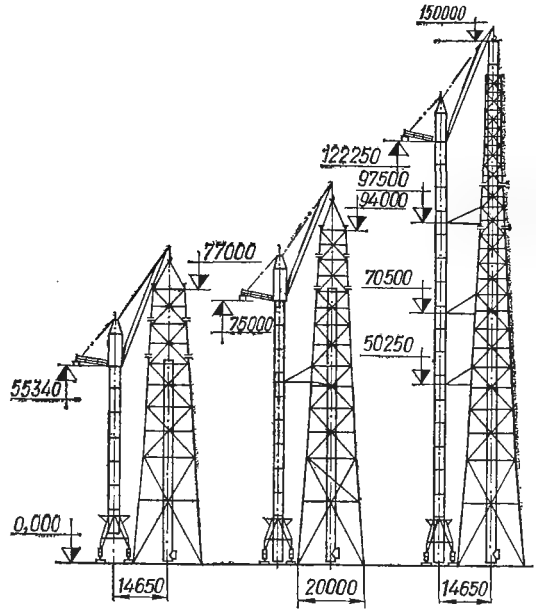


Рис. 77. Монтаж башни «прислонным» краном.

ной массы и ветра того же характера и направления, что в период эксплуатации. Максимального значения они достигают на заключительном этапе монтажа. При монтаже «прислонными» и самоподъемными кранами последние создают в конструкциях дополнительные нагрузки. При монтаже сооружений наземными кранами такие нагрузки не возникают.

Монтаж сооружений самоходными стреловыми кранами. В пределах технологических возможностей кранов конструкции предварительно укрупняют в плоские или пространственные блоки и затем монтируют (рис. 76).

Установленные блоки до проектного закрепления временно фиксируют специальными устройствами или расчаливают. Применение самоходных стре-

ловых кранов на монтаже высотных башенно-мачтовых сооружений сокращает сроки монтажа и экономит средства на изготовление специальной такелажной оснастки. Это подтверждается отечественным и зарубежным опытом. Применение этого способа ограничивается параметрами кранов, имеющихся в распоряжении монтажных организаций.

Монтаж сооружений «прислонными» кранами. Для возведения башенно-мачтовых сооружений средней и большой высоты (вентиляционных башен-труб, переходных опор ЛЭП и др.) применяют «прислонные» (приставные) башенные краны, т. е. такие, у которых башня расположена рядом с наружной частью возводимого сооружения. По мере монтажа башню крана подращивают (рис. 77), поэтому для обеспечения устойчивости ее крепят к смонтированной части сооружения. Конструкции возводимого сооружения предварительно рассчитывают на горизонтальные усилия, возникающие в процессе монтажа от закрепления к ним башни «прислонного» крана.

Применение «прислонных» кранов при монтаже высотных сооружений характеризуется высокой производительностью и сокращением сроков возведения за счет возможности осуществлять монтаж крупными объемными секциями, однако при этом увеличиваются расходы на монтаж и демонтаж кранов.

Монтаж сооружений самоподъемной мачтой. Монтажную мачту (рис. 78) шарнирно устанавливают на опорном столике, который крепят к одному из поясов башни; мачта расчалена четырьмя расчалками, наклоненными к вертикали при наивысшем положении мачты под углом, не превышающим 45°. Для перемещения мачты на очередную стоянку используют специальную обойму, которая в период работы находится в нижнем положении и не крепится к башне; перед подъемом мачты на следующую стоянку обойму поднимают вверх и закрепляют к верхнему свободному фланцу ранее смонтированного элемента пояса. Поднимают мачту полиспастом. Первые два яруса сооружения монтируют мачтой, установленной на земле. Затем ее поднимают на первую стоянку. Последующий монтаж конструкций ведется отдельными элементами или плоскими панелями с массой в пределах грузоподъемности мачты.

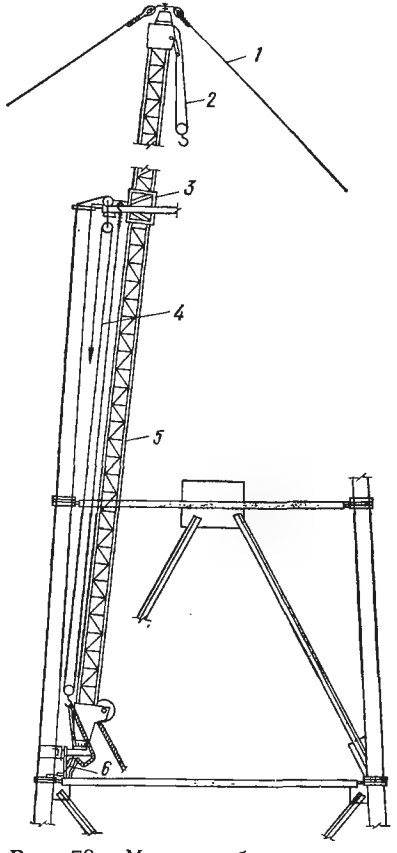


Рис. 78. Монтаж башни самоподъемной мачтой:

1 — расчалки мачты; *2* — грузовой полиспаст; *3* — обойма для выжимания мачты; *4* — полиспаст для передвижения мачты; *5* — монтажная мачта; *6* — опорный столик монтажной мачты.

Монтаж теле- и радиобашен с помощью монтажной мачты характеризуется следующими особенностями: эксплуатация такелажной оснастки и оборудования (мачты, лебедки, блоки и др.) не связана со значительными затратами; на перестановку монтажной мачты затрачивается 0,3 маш.-смены, т. е. не больше, чем на перестановку подвесного крана; производство работ требует повышенного внимания и согласованности действий монтажников, находящихся друг от друга на большом расстоянии; необходима значительная территория для размещения расчалок. Последнее обстоятельство затрудняет возмож-

ность применения рассматриваемого способа монтажа при сооружении башен в стесненных условиях — среди городских и промышленных строений, в гористой, лесистой и пересеченной местностях.

Метод монтажа башен наращиванием с помощью монтажной мачты может быть рекомендован для сооружений, высота которых не превышает 150—180 м при наличии достаточно свободной площадки для устройства якорей и расчалок и для обзора места установки монтажного оборудования.

Монтаж сооружений самоподъемным порталом. Для монтажа переходных опор ЛЭП, тяжелых пространственных блоков вентиляционных башен-труб, предварительно укрупненных из отдельных элементов на земле, применяют самоподъемные порталы, представляющие собой трубчатую рамную конструкцию с опорной балкой. К верхнему ригелю портала подвешены два грузовых полиспаста, служащие для подъема укрупненных блоков каркаса и перемещения опорной балки. К опорной балке с его внешней стороны крепят два полиспаста перемещения портала.

Опорную часть сооружения и собственно портал монтируют отдельными механизмами (гусеничным краном или мачтой). После установки портала в рабочее положение секции сооружения монтируют грузовыми полиспастами. Их верхние блоки закрепляют к кольцевым обоймам, которые при изменении наклона вращаются вокруг трубы ригеля, обеспечивая вертикальное положение грузовых полиспастов независимо от наклона портала. После того как секция достигнет проектной высоты, портал расчалками наклоняют так, чтобы секция оказалась в проектном положении. На следующую стоянку портал поднимают полиспастами, закрепленными к верху поясов смонтированной секции.

Преимущество применения порталов по сравнению с монтажом самоподъемными мачтами заключается в том, что имеется возможность вести монтаж крупными тяжелыми блоками. Недостатки такие же, как и в предыдущем случае.

Монтаж самоподъемными кранами. В зависимости от геометрических форм башенно-мачтовых сооружений различают две основные схемы монтажа самоподъемными кранами — при монтаже сооружений с параллельными поясами (решетчатых и трубчатых) применяют «ползучие» краны, перемещающиеся с наружной стороны сооружений, и при монтаже сооружений пирамидальной формы — подвесные, устанавливаемые внутри сооружения и подвешиваемые к его смонтированным поясам. Сначала наземными кранами устанавливают конструкции нижней части сооружения, затем к смонтированным конструкциям крепят монтажный самоподъемный кран («ползучий» или подвесной). С его помощью поднимают и устанавливают в проектное положение секции или отдельные элементы. После этого кран переставляют на вновь смонтированные конструкции и поднимают очередные секции или элементы.

Рассмотрим характерные примеры монтажа башенно-мачтовых сооружений самоподъемными кранами.

Монтаж трубчатой телевизионной мачты высотой 353 м Винницкого телецентра. Однотрубчатые мачты высотой до 353 м изготавливаются из листовой стали переменной толщины в виде отдельных цилиндрических секций длиной 4,5—6 и диаметром 1,6—2,5 м, соединенных между собой электросваркой. Рассматриваемая мачта раскреплена четырьмя ярусами расчалок. До отметки 309 м ствол выполнен из сварной трубы диаметром 2,5 м, на которую опирается призматическая антенна.

Мачту монтировали способом наращивания ползучим самоподъемным краном ПКТ-8, разработанным проектным институтом Промстальконструкция. К телевизионной мачте его крепили в трех точках двумя откидными опорными балками, расположенными в нижней части ствола, двумя аналогичными балками вверху обоймы и откидной опорной диафрагмой. Балки опираются на столики, приваренные к каждой секции. При работе крана вертикальные усилия воспринимаются нижними опорными балками, а горизонтальные — обоймой. Для закрепления крана перед его перестановкой на верхней части ствола предусмотрена вторая откидная диафрагма. Диафрагмы крепятся к кронштейнам, приваренным к секции монтируемой опоры.

Сбегающие нитки грузового и стрелового полиспастов проходят внутри ствола крана вниз на лебедки через отводные ролики, расположенные в верхней и нижней частях стрелы, и отводные блоки, размещенные у основания телевизионной опоры. Трос для вращения крана проходит через ролики, закрепленные на площадке двух консольных балок, приваренных к мачте под поворотным кругом и через отводные блоки у основания сооружаемой опоры. Для перестановки крана имеется также дополнительный полиспаст, который одним концом закреплен к низу обоймы, другим — к опорной части ствола крана (табл. 123).

Таблица 123. **Комплект основного и такелажного оборудования для монтажа мачты высотой 353 м**

Оборудование	Количество	Назначение
«Ползучий» кран ПКТ-8 в комплекте	1 шт.	Для монтажа секций, оттяжек и рей
Трубоукладчик ТЛ-4	1 „	Для подачи конструкций в зону монтажа и кантовки секций
Монтажная мачта высотой 20 м, грузоподъемностью 25 т	1 „	Для монтажа первых двух секций и «ползучего» крана
Электролебедки грузоподъемностью, т:		
5	4 „	Для оттяжки груза
3	1 „	То же
Ручная лебедка грузоподъемностью 5 т	3 „	Для натяжения оттяжек и расчалок
Блоки грузоподъемностью, т:		
15	1 „	Отводной для грузовых тросов
10	14 „	—
3	2 „	—
Фаркопф грузоподъемностью 10 т	6 „	Для натяжения временных расчалок
Люлька	1 „	Для подъема людей
Съемный лацмен	3 „	—
Якоря грузоподъемностью, т:		
40	3 „	—
10	3 „	—
Подмости	4,5 т	—
Сварочные машины	5 шт.	—
Компрессор передвижной	1 „	—
Тросы диаметром, мм:		
26	2140 м	—
22	5000 „	—
13	2500 „	—
Клиновой зажим для троса диаметром 26 мм	6	—

Трубчатые секции опоры монтировали в следующей последовательности: очередную секцию при помощи крана ПКТ-8 поднимали в проектное положение, выверяли и приваривали; контролировали сварочные швы и, при необходимости, вырубали дефектные участки; кран передвигали вверх на новую стоянку и закрепляли; краном переставляли металлические кольцевые подмости для монтажа и сварки очередной секции.

Металлические подмости для монтажа и сварки секций выполнили двухъярусными с расстоянием между ярусами 4 м. Каждый ярус состоял из двух незамкнутых полуколец, шарнирно соединенных между собой с одной стороны.

Подмости установили на 1 м ниже стыка секции и закрепили к проушинам тягами из круглой стали, приваренными к стволу мачты. Между подмостями и стволом предусмотрели зазор 200 мм, предназначенный для прохода салазок, скользящих по поверхности ствола при перестановке подмостей. Оба яруса связали между собой двумя лестницами. С нижнего яруса к лацменным узлам закрепили постоянные оттяжки и временные расчалки. К передвижным подмостям прикрепили две лестницы, предназначенные для обслуживания крана при его перестановке. Подмости на следующую стяжку передвигали краном ПКТ-8 с помощью траверсы и специальных стропов.

Реи первого и второго ярусов также монтировали краном. При этом стрелу совместили с плоскостью монтируемой реи на минимальном вылете, а обойму установили в наивысшее положение, что уменьшило свободную длину ствола крана. Основной участок рей первого яруса длиной 40 м, устанавливаемый между стволом мачты и оттяжкой третьего яруса, подняли краном вертикально и завели в шарниры, закрепленные к стволу опоры. После этого рею повернули вокруг шарнира и опустили ниже проектного положения для того, чтобы стало возможным завести ее в середину двойной оттяжки и затем поднять в проектное положение. При повороте реи вниз специальной расчалкой ее оттянули в сторону от оттяжек и после того как она опустилась ниже оттяжки, расчалку опускали и рея возвращалась в плоскость оттяжки. Особую сложность представлял монтаж концевых участков рей первого и второго ярусов, которые стропили специальными стропами — для первого яруса длиной 126,5, для второго — 48,5 м.

Монтаж радиомачты высотой 257 м (Харьковская область). Ствол мачты — трехгранная решетчатая призма со стороной треугольника в плане 1,35 м, пояса — из труб, монтажные соединения — на фланцах, монтажные элементы — пространственные секции длиной по 7,5 м. Мачта закреплена постоянными оттяжками в четырех ярусах.

В качестве основного монтажного механизма применен «ползучий» кран ПКР-2,5, который в процессе работы крепили к поясам мачты в трех уровнях двумя опорными ригелями обоймы и нижним опорным ригелем ствола (рис. 79).

После монтажа секций ствол крана крепили откидными захватами за верхнюю часть смонтированных конструкций. Обойму поднимали грузовым полиспастом по стволу в верхнее положение и крепили к смонтированным конструкциям. С помощью полиспаста ствол крана выжимали до уровня очередной стоянки.

Стройгенпланом предусматривалось сооружение семи временных якорей: три якоря на усилие 3 т для раскрепления расчалки опорной секции мачты, три якоря на усилие 75 кН для крепления временных расчалок в период монтажа и один на усилие 50 кН для крепления электролебедок грузового полиспаста, подъема крана и натяжения временных расчалок.

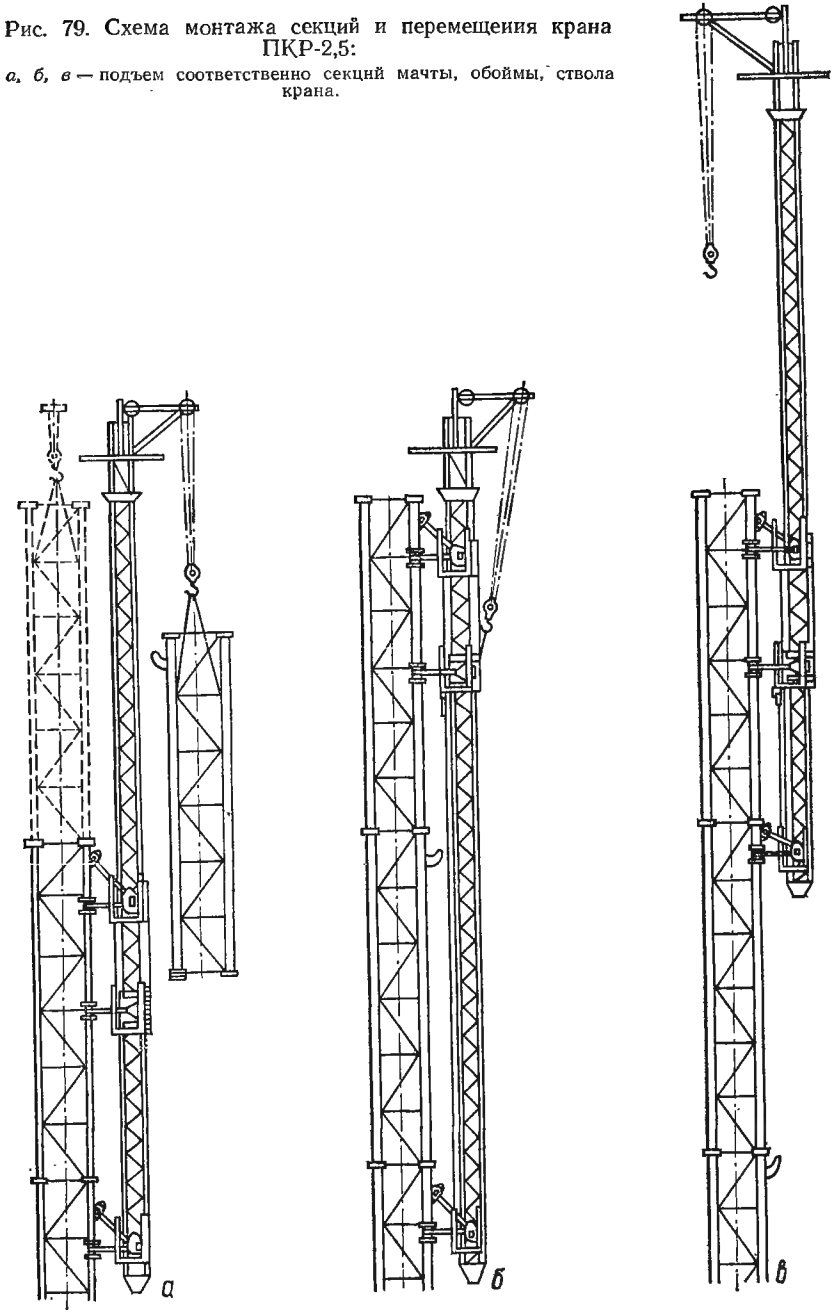
Монтаж мачт начался с подъема двух нижних секций автокраном и закрепления их расчалками в вертикальное положение к якорям. На смонтированные конструкции установили «ползучий» кран, и дальнейший подъем секций и расчалок (постоянных и временных) выполняли «ползучим» краном до отметки 257 м. Постоянные оттяжки после установки их на лацменные секции натягивали на 90% проектного усилия, временные расчалки устанавливали с таким расчетом, чтобы максимальная длина свободной консоли не превышала высоты трех смонтированных секций. После монтажа очередного яруса постоянных оттяжек снимали все нижние временные расчалки, кроме расчалки опорной секции.

Монтаж цельносварной телевизионной башни высотой 191 м (Кировоград). Башня представляет собой четырехгранную решетчатую конструкцию в виде пирамиды с основанием 20×20 м на нулевой отметке. Пояса башни изготовлены из листовой стали, сваренной вкрест, и частично из уголков крестового сечения. Монтажные соединения поясов сварные.

В первую очередь была смонтирована опорная часть башни с отметки —4,6 до +22,5 м двумя укрупненными блоками массой по 33 т с помощью монтажной мачты высотой 57 м грузоподъемностью 100 т. Высота мачты позво-

Рис. 79. Схема монтажа секций и перемещения крана ПКР-2,5:

а, б, в — подъем соответственно секций мачты, обоймы, ствола крана.



ляла смонтировать конструкции башни до отметки 48 м и установить подвесной самоподъемный кран, состоящий из следующих узлов: ствола с обоймой, поворотного оголовка, стрелы, системы подвесок и расчалок, грузового и стрелового полиспастов и др. На нижнем конце ствола — обслуживающие площадки и отводные блоки грузового и стрелового полиспастов.

С отметки 48,5 до 129 м конструкции монтировали подвесным краном отдельными элементами массой до 4 т, с отметки 129 до 150 м — укрупненными плоскими секциями, установив в проектное положение две грани, промежутки между ними заполняли отдельными элементами. Призматические секции с отметки 155 до 176 м монтировали также подвесным краном. Для этого перед подъемом снимали одну грань секции и краном поднимали трехгранную П-образную секцию, стреловым полиспастом подтягивали ее к себе, опуская затем в проектное положение.

При перестановке подвесного крана на очередную верхнюю стоянку соблюдался следующий порядок: от поясов башни отсоединяли все подвески и расчалки обоймы, грузовым полиспастом крана поднимали обойму по стволу крана в верхнее крайнее положение, подвешивали ее к ранее смонтированному ярусу башни, отсоединяли все подвески и расчалки ствола крана от конструкции башни, полиспастом подъема крана перемещали ствол крана в верхнее положение, подвешивали к смонтированным поясам башни и закрепляли его расчалками. Необходимую длину подвесок и расчалок фиксировали клиновыми зажимами.

Монтажные элементы соединяли сначала на монтажных болтах, после выверки стыковые накладки заваривали.

Ниже приведен перечень оборудования, необходимого для монтажа башни, шт:

Монтажная мачта	1	Лебедки электрические	4
Подвесной самоподъемный кран	1	Лебедки ручные	6
Трубоукладчик ТЛ-2	1	Сварочные агрегаты ПС-500	5

Монтаж вентиляционной башни-трубы (Киев). Каркас башни четырехгранной формы, призматический в верхней части, а в средней и нижней в виде двух пирамид, поставленных одна на другую; монтажные соединения на болтах. Труба диаметром 7 м из сосновых досок, пропитанных огнезащитным составом. Высота башни-трубы 120 м, масса 170 т.

Возведение башни начали с монтажа опорных башмаков массой по 2,5 т, на которые установили опорную часть башни. Опорную часть до отметки 40 м поднимали четырьмя пространственными блоками монтажной мачтой высотой 57 м и грузоподъемностью 100 т. С помощью этой же мачты смонтировали также укрупненные панели высотой до 10 м. Масса монтажного блока с лестницами и люльками составляла 30 т. Установленный в наклонное положение пространственный блок довели до положения близкого к проектному, затем его расчалили тремя расчалками и в опорном узле поставили часть болтов.

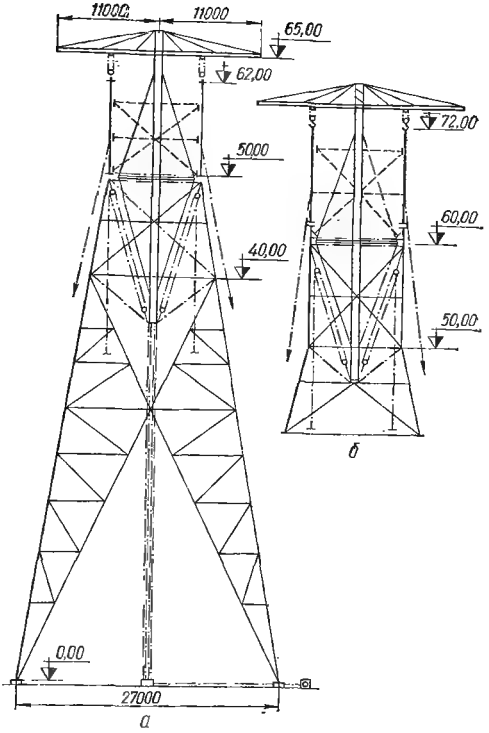
С помощью монтажной мачты на смонтированные конструкции башни закрепили подвесной самоподъемный двухстреловой кран с грузоподъемностью каждой стрелы 2,5 т, состоящий из трубчатого ствола высотой 25 м, решетчатого оголовка высотой 2 м, двух стрел длиной по 11 м, подвесок, полиспастов и др.

Для крепления подвесок крана к поясам башни фасонки приваривали до монтажа. Монтаж каркаса башни-трубы с отметки 50 до 120 м производили (рис. 80) двухстреловым краном плоскими секциями, а затем устанавливали раскосы и распорки двух других граней.

Для перемещения крана на очередную стоянку снимали нижние поддерживающие подвески, переносили их и закрепляли к фасонкам, приваренным к поясам вышесмонтированных секций. При этом кран повисал на двух подъемных полиспастах. После того как направляющее кольцо передвигали вверх, кран подъемными полиспастами также выдвигали вверх и фиксировали перенесенными вверх подвесками в рабочем положении. Подъемные поли-

Рис. 80. Схема монтажа каркаса вентиляционной башни-трубы двухстреловым подвесным краном:

а, *б* — монтаж ярусов соответственно первого и второго.



спасты переносили на следующую стоянку, горизонтальные подвески устанавливали на свои места и кран был готов к монтажу конструкций следующего яруса.

Обшивку деревянной трубы устраивали после демонтажа двухстрелового крана. Работы по обшивке вели с передвижной круговой площадки диаметром 4,750 м, имеющей огражденный проем размером 1,5×1,5 м, предназначенный для подачи материалов. Потребность оборудования и такелажной оснастки для монтажа башни-трубы высотой 120 м, шт.:

Монтажная мачта грузоподъемностью 100 т, высотой 57 м	1
Пневмоколесный кран К-162	1
Двухстреловой подвесной кран	1
Лебедки электрические ЛА-5-56, грузоподъемностью 5 т	2
Лебедка ручная Т-1020 грузоподъемностью 5 т	8
Блоки грузоподъемностью, т:	
четырехрольный 30	2
трехрольный 25	6
двухрольный 20	6
» 15	8
» 10	4
однорольный 10	6
Якори грузоподъемностью, т:	
30	4
20	3
10	1
6	4
Трактор С-80	1

Монтаж башенно-мачтовых сооружений с помощью самоподъемных кранов характеризуется следующими особенностями:

монтаж башен с помощью подвесных кранов имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием самоподъемной мачты, а именно: управление

работой монтажного механизма производится с одного места, для монтажа не требуется большая площадь;

монтаж пирамидальной части башен обычно ведется самоподъемными кранами отдельными элементами, а призматическую часть монтируют пространственными секциями со снятой решеткой в одной плоскости;

перестановка подвижного крана является сравнительно трудоемкой операцией из-за необходимости закрепления в новом положении всех подвесок и растяжек, а также изменения и регулировки их длины. В этом отношении «ползучие» краны переставляются на очередную стоянку проще, чем подвесные;

при наличии на объекте самоходных стреловых кранов (гусеничных или башенных) целесообразно использовать их для монтажа конструкций башен до максимальной высоты и с их помощью монтировать самоподъемные краны. Монтаж опорной части сооружений с помощью мачт связан с применением большого количества такелажного оборудования и оснастки.

Монтаж сооружений секциями наращиванием поворотом вокруг шарнира. Рассматривается на примере возведения выхлопной башни-трубы высотой 55 м в Черкассах, которую монтировали тремя укрупненными блоками, причем каждый последующий блок устанавливали на предыдущий поворотом вокруг шарнира. Такое решение было вызвано исключительно стесненными условиями площадки, застроенной различными сооружениями. Целиком собрать, а затем повернуть вокруг шарнира эту башню не представлялось возможным, так как база и ствол ее не выдержали бы монтажных нагрузок, а усиление их оказалось бы весьма сложным и дорогостоящим.

Первый блок — пирамидальную базу башни с одной призматической секцией ствола общей длиной 33 м собрали на шарнирах и заварили в горизонтальном положении. До подъема этого блока на верхней секции его установили шевр с наклоном в сторону, противоположную подъему, и шарниры для поворота следующей секции. Второй и третий блоки-секции длиной по 11,2 м собрали вместе с трубой.

Первый блок установили в проектное положение, повернув его вокруг шарнира двумя кранами. Второй блок подняли с помощью шевра, заранее установленного на первом блоке, который сначала использовали в качестве монтажной стрелы. До отметки верха смонтированного блока шевром подняли второй блок и завели его в шарниры, а затем лебедками и шевром повернули вокруг шарнира на 160—170° (рис. 81). Поднятый в вертикальное положение второй блок до проектного положения довели тормозной расчалкой. На втором блоке, как и на первом, перед подъемом установили такой же шевр, который использовали для подъема следующего — третьего блока, поднятого затем в проектное положение так же, как был поднят второй блок. Приведенный пример рационален для стесненных монтажных площадок, на которых невозможно заранее полностью собрать все сооружение.

В отечественной и зарубежной практике известны случаи монтажа и более высоких башен по указанной схеме. Например, башню высотой 85,5 м в Енакиево возвели в три этапа. Вначале смонтировали базу на отметке 37,5 м гусеничным краном, на этой отметке установили шарниры. Следующий блок массой 8 т, длиной 20 м подняли гусеничным краном и закрепили в шарнир, после чего повернули в проектное положение. Аналогично был смонтирован третий блок.

Монтаж вертолетами (рис. 82). В нашей стране и за рубежом накоплен опыт возведения сооружений башенно-мачтового типа, подтверждающий широкие технические возможности монтажа высоких сооружений вертолетами и эффективность вертолетов как монтажных средств.

Опоры ЛЭП и РРЛ возводят методом наращивания из отдельных пространственных секций, полностью оформленных и подготовленных на земле. При этом имеются две схемы монтажа: первая — сооружение полностью монтируют вертолетом, начиная с нижней опорной секции; вторая — нижние секции устанавливают краном или мачтой в пределах технических возможностей, а последующие секции — вертолетом.

Удобство и время наведения секций, а также точность посадки зависят от

конструкции направляющих устройств. В данном случае применили устройство пирамидальной формы, сваренное из труб и установленное на смонтированную секцию. Если конусная часть устройства облегчает наведение секции на стык, то прямая обеспечивает временную устойчивость секции от опрокидывания до постоянной затяжки болтов фланцевого соединения. Это устройство позволяет устанавливать секции мачт с точностью ±2 см, что упрощает выверку конструкции после установки.

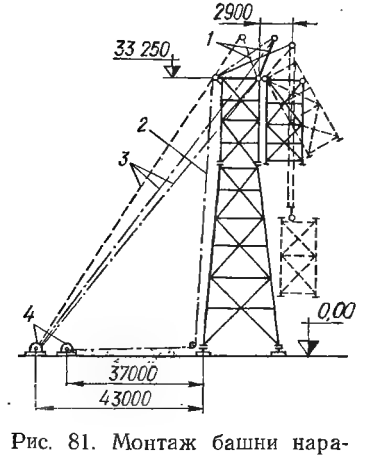


Рис. 81. Монтаж башни наращиванием с поворотом секции вокруг шарнира:

1 — шевр; *2* — грузовой трос; *3* — стреловой полиспаст; *4* — лебедки.

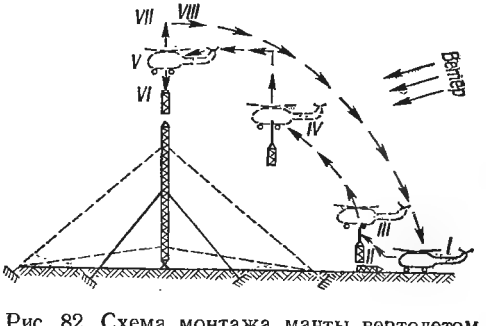


Рис. 82. Схема монтажа мачты вертолетом (кинограмма):

I—VIII — этапы монтажа.

Монтаж башен и мачт с помощью вертолетов имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами:

резко сокращаются сроки производства монтажных работ по сравнению с обычными способами (в отдельных случаях в 30 раз), что позволяет досрочно вводить в действие строящиеся объекты;

отпадает необходимость в самоподъемных или подвесных кранах, монтажных мачтах, порталах, а также в лебедках для их обслуживания и стальных канатах. Экономятся затраты труда на перемещение грузоподъемных средств по мере монтажа сооружений;

исключаются дополнительные нагрузки на конструкции, возникающие в процессе монтажа;

при работе в труднодоступных районах имеется возможность отказаться от строительства дорог и мостов.

Для эффективного выполнения монтажных работ с помощью вертолета необходима тщательная подготовка и высокий уровень организации работ, что позволяет свести до минимума затраты лётного времени (см. табл. 57).

МОНТАЖ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ ПОДРАЩИВАНИЯ

Принцип способа подращивания заключается в том, что монтаж основной части конструкций начинают со сборки самых верхних блоков сооружения. Нижняя часть башни монтируется наращиванием и служит для закрепления на ней подъемных и направляющих устройств, а также для восприятия горизонтальных воздействий при выдвижении верхней части. Укрупненные блоки

полиспастами или гидравлическими устройствами выдвигают вертикально вверх. К поднятым подращивают следующие за ними блоки. В такой последовательности продолжается монтаж до окончания возведения сооружения согласно проекту.

Основные преимущества способом подращивания: работы по сборке конструкций и оформлению узлов выполняются на низких отметках, что повышает безопасность работ и создает условия для проведения качественного контроля всех рабочих операций; рабочие места от начала и до конца монтажа основных конструктивных частей башни остаются постоянными, что дает возможность их оборудовать и создать хорошие санитарные условия для рабочих.

Недостатки: наличие мощных вспомогательных устройств при их ограниченном использовании; необходимость держать все сооружение до заключительного момента монтажа навесу, что требует разработки специальных мер, обеспечивающих устойчивость конструкций при монтаже.

Необходимо отметить, что монтаж конструкций подращиванием требует специального подхода к проектированию сооружения еще на стадии технического проекта.

МОНТАЖ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ БАШЕН-ТРУБ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

Сущность способа заключается в следующем: металлоконструкции каркаса устанавливают в проектное положение наращиванием с помощью крана, а трубу монтируют подращиванием с некоторым опережением монтажа каркаса. Монтаж выполняется в такой последовательности (рис. 83):

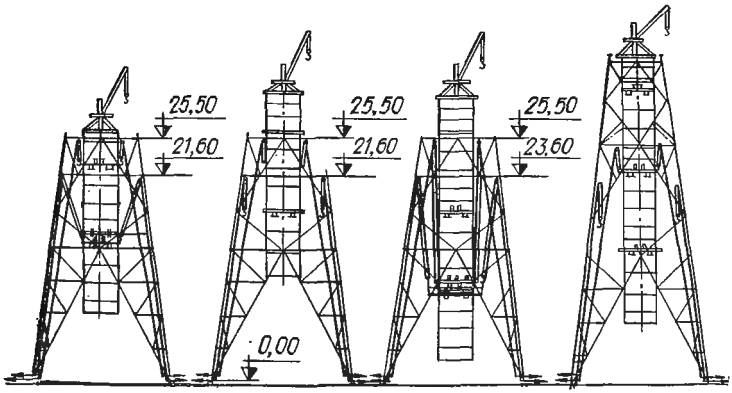


Рис. 83. Схема монтажа башни-трубы комбинированным способом.

I этап — монтаж опорной части башни гусеничным краном;

II этап — монтаж укрупненных на земле секций трубы, собранных вместе с краном, причем кран закреплен на верхней секции трубы. Блок поднимается гусеничным краном с перемещением основания по грунту;

III этап — монтаж остальной части башни-трубы, который можно разделить на следующие операции: блок трубы вместе с краном поднимают полиспастами на высоту следующей подращиваемой секции; краном, установленным на трубе, монтируют конструкции каркаса и закрепляют их в проектном положении; полиспасты подъема труб переставляют и закрепляют к вновь смонтированным конструкциям каркаса; пристыковывают очередную секцию трубы; блок трубы поднимают вместе с краном с помощью полиспастов.

В дальнейшем цикл операций повторяется до тех пор, пока башня-труба не достигнет проектной отметки.

Комбинированный способ монтажа башен-труб характеризуется тем, что: наряду с поэлементным монтажом конструкций каркаса выполняется блочный монтаж собственно трубы; процесс перестановки монтажного крана совмещен с подъемом трубы, на которой установлен кран; возможно возведение сооружения в условиях стесненной монтажной площадки.

* * *

Возведение башенно-мачтовых сооружений из отдельных элементов или блоков наращиванием отличается следующими особенностями:

в процессе монтажа, в подавляющем большинстве случаев, в конструкциях монтируемых сооружений не возникают нагрузки, требующие усиления конструкций, как это имеет место при монтаже сооружений заранее собранных в горизонтальном положении и поднимаемых целиком;

не требуется специальной территории для сборки сооружений в горизонтальном положении; все оборудование для монтажа располагается в пределах площадки, необходимой для эксплуатации;

не нужно разделять технологию возведения на два отдельных этапа — сборку и подъем. Конструкции сразу устанавливают, выверяют и закрепляют в проектном положении. Практически метод осуществим для любой высоты;

грузоподъемность оборудования определяется максимальной массой монтажного элемента, поэтому оно легче и компактней оборудования и такелажной оснастки, применяемых при монтаже сооружений, заранее собранных на земле,

для монтажа сооружений требуются опытные верхолазы-монтажники и сварщики, так как все работы ведутся на большой высоте в неудобных и опасных условиях;

работы, связанные с монтажом и демонтажом самоподъемного крана, перестановкой крана и подмостей, а также подъемом людей, подачей материалов и инструмента на высоту, увеличивают общую трудоемкость работ по сравнению со способами, связанными со сборкой сооружения на земле и последующим подъемом его в проектное положение;

производство работ на высоте зависит от погодных условий;

контроль качества монтажа и монтажных соединений конструкций затруднен.

Монтаж сооружений из отдельных элементов или блоков выполняют по двум основным схемам: наращиванием самоподъемными кранами и порталами, стреловыми самоходными или «прислонными» кранами и вертолетами. При общей схеме наращивания возможен монтаж конструкций поворотом вокруг шарнира: подращиванием полиспастами или гидравлическими устройствами. При сооружении вентиляционных башен-труб применяют комбинированную схему монтажа — каркас башни монтируют наращиванием, а трубу — подращиванием.

При наличии на объекте самоходных стреловых кранов, которые по своим техническим характеристикам смогут полностью осуществить монтаж сооружений методом наращивания, применение таких кранов рационально. Эффективным является крупноблочный монтаж предварительно укрупненных конструкций с помощью самоходных кранов.

Монтаж сооружений «прислонными» кранами по имеющемуся опыту возведения вентиляционных башен-труб и опор ЛЭП есть основание считать эффективным с точки зрения резкого сокращения сроков монтажа.

Монтаж сооружений самоподъемными мачтами и порталами отличается сравнительно несложной такелажной оснасткой, однако производство требует повышенного внимания и согласованности действий монтажников, находящихся друг от друга на большом расстоянии. Кроме этого, требуется большая территория для размещения расчалок, якорей и лебедок.

Монтируют сооружения самоподъемными кранами в большинстве случаев в два этапа: монтаж опорной части с помощью вспомогательных механизмов

или мачт и монтаж остальных конструкций самоподъемными кранами. В ряде случаев при монтаже башенных конструкций при наличии на объекте стреловых кранов или мачт с большой высотой подъема крюка рационально вести с их помощью монтаж до отметок, находящихся в пределах технических возможностей этих средств монтажа.

Монтаж сооружений наращиванием с поворотом вокруг шарнира якорей рационален при стесненной территории. Способ отличается небольшими затратами на средства монтажа. Преимуществом подращивания являются возможность работы в стесненных условиях и отсутствие верхолазных работ; недостатком — необходимость в мощном оборудовании для подъема и поддержания навесу всего блока. Комбинированный монтаж может быть рекомендован для возведения вентиляционных башен-труб и подобных им сооружений как крупноблочный по монтажу трубы. При этом перестановка крана для монтажа конструкций каркаса на очередную стоянку совмещается с выжиманием трубы подращиванием.

ПРИЕМКА БАШЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Приемка смонтированных конструкций производится в процессе возведения сооружений в соответствии с проектом. На скрытые работы составляют промежуточные акты: на установку закладных частей в центральном фундаменте мачт и в фундаментах башен; также в анкерных фундаментах мачт; на заливку битумом фланцев трубчатых поясов мачт и башен; на натяжение гибких раскосов ключами с контролируемым усилием; на изготовление и испытание постоянных оттяжек.

После окончательного закрепления всех элементов конструкций осуществляется приемка всего сооружения. Геодезическая съемка производится после демонтажа монтажных кранов и приспособлений, без подвешенных полотен или антенны, если скорость ветра не превышает 25% расчетной.

Допускаемые отклонения при монтаже конструкций мачт и башен (СНиП III-18-75):

Смещение оси ствола и поясов башни от проектного положения	1/1000 высоты выверяемой точки над фундаментом
Смещение оси ствола и поясов мачты от проектного положения	1/1500 высоты выверяемой точки над фундаментом
Отклонение величины монтажного натяжения раскосов башен от проектного	±15%
Отклонения величины предварительного (монтажного) натяжения оттяжек мачт от проектного	±8%
Разница в величине натяжения оттяжек (из одного каната) одного яруса после демонтажа монтажного крана	10%

При сдаче конструкций предъявляются следующие документы: деталировочные чертежи стальных конструкций; заводские сертификаты на стальные конструкции, канаты, сплавы, метизы, электроды и другие материалы, входящие в конструкцию сооружения и примененные на монтаже; акты приемки скрытых работ. Кроме этого, при сдаче сооружений предъявляются копии дипломов сварщиков, результаты геодезической съемки, журналы ведения сварки и производства работ и документы о согласовании допущенных отступлений от проекта.

МОНТАЖ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Большепролетными считаются здания, у которых расстояние между опорами несущих конструкций покрытия составляет более 40 м.

Опыт проектирования и строительства большепролетных зданий показывает, что наиболее сложной задачей является возведение конструкций покрытий. Опорные элементы покрытий сооружаются общеизвестными способами с помощью строительных механизмов.

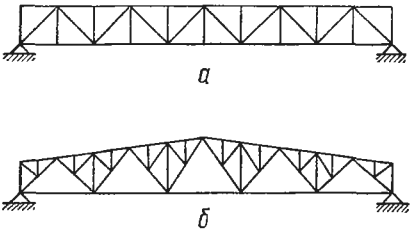


Рис. 84. Схема балочных ферм:
а — с параллельными поясами; *б* — трапецоидальная двускатная.

В конструктивном отношении большепролетные покрытия различаются по статической схеме работы несущих конструкций, в качестве которых применяют следующие: балочные (однопролетные, консольные, многопролетные), рамные (однопролетные, многопролетные и консольные, плоскостные и блочные), арочные системы; пространственные (складки, своды-оболочки, двухслойные оболочки, купольные) и висячие.

Балочные покрытии (рис. 84) состоят из поперечных балок и промежуточной конструкции и характеризуются отсутствием распора от вертикальных нагрузок, простотой статической схемы, малой чувствительностью к осадкам опор в разрезных системах, сравнительно большим расходом материала и большой строительной высотой, выбираемой из условий оптимальной массы и допустимых прогибов. Несущие конструкции, выполняемые по балочной схеме, делают в виде ферм (с параллельными поясами, трапецоидальными, полигональными, треугольными, сегментными и др.) с различными системами решетки (треугольной, раскосной, ромбической полураскосной, крестовой и др.).

Рис. 85. Схема сквозной двухшарнирной рамы с подкосами внутри пролета.

Рамные покрытия (рис. 85) характеризуются по сравнению с балочными меньшей массой, большей жесткостью и меньшей высотой ригелей, однако требуют большей ширины колонн и имеют большую чувствительность к неравномерным осадкам опор и изменениям температуры.

Сечения ригелей рам делают преимущественно сквозными в виде ферм. Рамные схемы покрытий могут быть плоскостными и блочными. В последних смежные плоские рамы соединены связями, что значительно повышает поперечную жесткость ригелей. В рамных системах, как в статически неопределимых конструкциях, возможно регулирование расчетных усилий путем: подвески наружных стен, устройства анкерных оттяжек на консолях, замыкания опорных узлов после укладки плит покрытия, подъема или опускания опор, выгиба колонн в период монтажа, натяжения раскосов и стоек решетки и другими способами.

Арочные покрытия по статической схеме подразделяются на трехшарнирные, двухшарнирные и бесшарнирные. Они имеют относительно меньшую

массу, чем рамные и балочные, но более сложны в изготовлении и в монтаже. По расходу металла предпочтительными являются бесшарнирные арки. Они же обладают большей жесткостью. Все типы арок чувствительны к неравномерной нагрузке, а температурные колебания воспринимаются ими по-разному. В двухшарнирных и бесшарнирных арках появляются усилия от температурных колебаний, а в трехшарнирных они не возникают.

Качественные характеристики арок в основном зависят от их высоты и очертания. Наивыгоднейшая высота находится в пределах от 1/4 до 1/6 пролета, а наилучшее очертание — в том случае, если геометрическая ось арки совпадает с кривой давления. Для пологих арок применяют круговое очертание, так как при этом дуга круга близка к параболе (форма кривой давления от постоянной нагрузки), а изготовление элементов значительно упрощается. В высоких арках параболу заменяют сочетанием дуг окружностей различных радиусов. Иногда оказывается рациональным ломаное очертание арки, вписанное в кривую давления.

Сечение арки делают решетчатым или сплошным, высотой соответственно 1/30—1/60 и 1/50—1/80 пролета.

Пространственные покрытия характерны тем, что оси всех несущих элементов не лежат в одной плоскости, в связи с чем количество схем пространственных конструкций значительно больше, чем плоскостных. В основном они подразделяются на три типа: купола, складки и своды (оболочки).

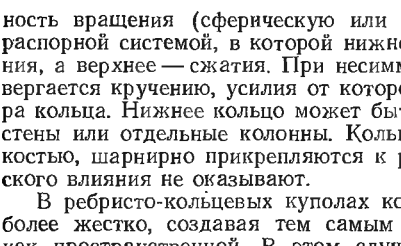


Рис. 86. Схема ребристого купола.

Конструкции куполов могут быть ребристыми, ребристо-кольцевыми и сетчатыми.

Ребристые купола (рис. 86) состоят из системы плоских ферм, связанных понизу и поверху кольцами. Верхние пояса ферм образуют поверхность вращения (сферическую или параболическую). Такой купол является распорной системой, в которой нижнее кольцо подвергается усилиям растяжения, а верхнее — сжатия. При несимметричных нагрузках верхнее кольцо подвергается кручению, усилия от которого увеличиваются с увеличением диаметра кольца. Нижнее кольцо может быть в виде многоугольника с опиранием на стены или отдельные колонны. Кольцевые прогоны, обладающие малой жесткостью, шарнирно прикрепляются к ребрам и на деформации ребер практического влияния не оказывают.

В ребристо-кольцевых куполах кольцевые прогоны соединяются с ребрами более жестко, создавая тем самым предпосылку для рассмотрения системы как пространственной. В этом случае разгружающее влияние колец значительно снижает усилия в радиальных ребрах.

Сетчатые купола образуются включением во все панели ребристо-кольцевых куполов дополнительных связей, что приводит к значительному увеличению жесткости системы и улучшению работы на несимметричные нагрузки.

Складчатые конструкции состоят из тонкостенных плит или ферм (грани складки), соединенных между собой под углом (по ребру складки) и опирающихся по концам на диафрагмы. По статической схеме складчатые конструкции могут быть балочными, рамными или арочными. Своды-оболочки — одна из разновидностей складчатых покрытий. Они образуются путем вписания складок в цилиндрическую поверхность. При этом пролетом свода-оболочки является расстояние между поперечными (торцовыми) опорами, а шириной — расстояние между нижними бортовыми элементами.

В последнее время широкое применение находит своеобразный тип конструкций — структуры, с помощью которых перекрываются большие пролеты зданий промышленного и гражданского назначения.

Это пространственные стержневые системы, отличающиеся тем, что в их образовании появляется возможность применять многократно повторяющиеся элементы, использовать новые виды конструкционных материалов (алюминий, высокопрочная сталь, пластмасса) и соединений. Изготовление отдельных эле-

ментов структур легко подчиняется заводской технологии, а транспортировка и монтаж значительно экономичней и менее трудоемки, чем традиционные конструкции. Наибольшее распространение получили структуры типа «Берлин», «Плауэн», ЦНИИСК.

Одной из разновидностей структурных конструкций является система перекрестных ферм, которая легла в основу большепролетного покрытия площадью 3000 м² над киноконцертным залом Дворца культуры «Украина» в Киеве.

Висячие покрытия (рис. 87) по схеме восприятия нагрузок аналогичны арочным и отличаются от последних тем, что основными несущими элементами

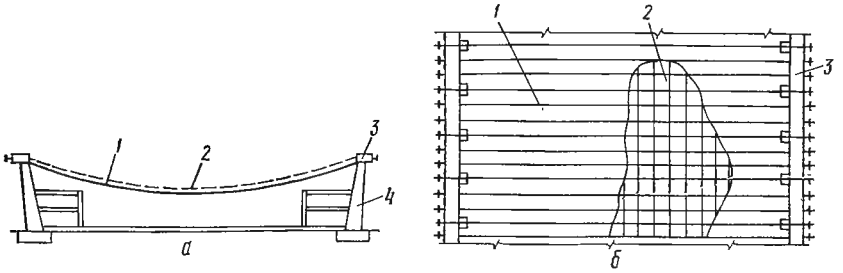


Рис. 87. Схема крытого рынка с висячим покрытием:
а — поперечный разрез; *б* — план; *1* — ванты из круглой стали; *2* — плиты покрытия; *3* — бортовой элемент; *4* — пилоны.

являются гибкие нити, работающие на растяжение. Поскольку это качество позволяет эффективно использовать свойства высокопрочной стали, покрытия получаются наиболее легкими и, как правило, более экономичными по сравнению с другими.

Особая целесообразность висячих конструкций проявляется в тех случаях, когда временные нагрузки сравнительно невелики по отношению к постоянным. Недостатком висячих покрытий является их крайне малая жесткость, особенно при несимметричных нагрузках, в связи с чем их приходится подвергать стабилизации (натяжению или пригрузу).

Висячие покрытия отличает многообразие форм. Они бывают в виде подвесных систем с балками жесткости или вантовыми фермами или в виде криволинейных поверхностей с натяжением в двух направлениях, при этом нити одного направления являются несущими, а нити другого натягиваются для придания жесткости и неизменяемости конструкции при несимметричных нагрузках. Предварительное натяжение несущих нитей увеличивается при увеличении разницы между постоянной и временной нагрузками. Пологие нити при равномерно распределенной нагрузке рассчитывают в предположении, что кривая провисания нити — парабола.

МЕТОДЫ МОНТАЖА ПОКРЫТИЙ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ

Для монтажа покрытий больших пролетов используют в основном следующие методы: монтаж методом «на себя», монтаж пространственных конструкций методом навесной сборки, монтаж с помощью поддерживающих устройств, монтаж с использованием центральной опоры, метод «бескранового» монтажа и монтаж методом надвижки.

МОНТАЖ МЕТОДОМ «НА СЕБЯ»

Конструкции покрытий, решенные по балочной или рамной схеме, монтируют кранами (стреловыми или башенными), располагаемыми в пролете. Монтаж ведут «на себя», заполняя конструкциями и элементами покрытия все подстреловое пространство. Такая схема эффективна в случаях, когда масса монтируемых элементов близка к номинальной грузоподъемности крана и вылет стрелы обеспечивает установку конструкций в проектное положение без дополнительных переездов крана. Особенно успешно применяют этот метод для строительства покрытий зданий, не имеющих развитой подвальной части (ангары, выставочные павильоны и др.). Иногда представляется целесообразным монтировать методом «на себя» и здания, имеющие подвальное хозяйство. При этом подвалы устраивают «закрытым» способом, т. е. после того, когда сделано покрытие. Преимущество метода заключается в том, что земляные и бетонные работы, устройство полов и монтаж технологического оборудования или специальную отделку производят при наличии кровли, а иногда и стенового ограждения.

Вариантом монтажа методом «на себя» является применение не одного, а нескольких кранов или одного мощного крана и промежуточных опор.

Двумя кранами (после полной сборки) монтируют ригели большепролетных рам в виде решетчатых ферм общей массой более 50 т, собранных в месте установки, как правило, рядом со смонтированными колоннами. Монтируемую ферму сначала поднимают до уровня опор (с соответствующим превышением), а затем за счет подъема стрел кранов доводят до проектного положения и грузовыми полиспастами опускают на опоры. Такой прием безопасен, так как при изменении вылета стрел от бо́льшего к меньшему не возникает перегрузок крана от инерционных усилий, из-за того, что их направление вызывает уменьшение опрокидывающего момента.

Так монтировали покрытие киевского Дворца спорта. Несущими конструкциями явились двухшарнирные стальные решетчатые арки, пролетом 66 м с монтажными стыками на заклепках. Полуарки массой до 30 т устанавливали башенным краном БК-406, используя специальную 22-метровую промежуточную стальную опору, оборудованную вверху рабочей площадкой для поддомкрачивания полуарок и для производства клепальных работ по оформлению стыка. Промежуточную опору перемещали на новую стоянку башенным краном.

МОНТАЖ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ НАВЕСНОЙ СБОРКИ

Данным методом с помощью крана, расположенного внутри сооружения, монтируют купольные покрытия круглые в плане и своды-оболочки круглые и прямоугольные в плане. Причем, если стрела крана охватывает всю монтажную зону, кран устанавливают неподвижно на весь период монтажа и сборку производят кольцевыми ярусами, используя для временной фиксации сборных элементов оболочек в проектном положении различные съемные устройства (стойки на оттяжках, прижимные штанги рычажного типа, шпренгельные поддержки и др.).

Монтаж сборных куполов осуществляют путем последовательной сборки кольцевых поясов при помощи системы стоек, устанавливаемых на ранее смонтированную часть и поддерживающих монтируемые плиты до замыкания самоустойчивого кольца.

Этот метод был применен при монтаже конструкций сборного железобетонного купола Киевского цирка (рис. 88). Для монтажа купола в центре здания были установлены башня и поворотная головка крана со стрелой 21 м. Устойчивость башни обеспечивалась расчалками, прикрепленными к конструкции зрительных трибун.

Сборные железобетонные плиты монтировали в следующем порядке. Трапецоидальную панель за три петли поднимали в наклонном (близком к проектному) положении и нижними углами станавливали на смонтированные

и набравшие прочность плиты предыдущего кольца, а верхними — на специальные винтовые упоры на ферме-шаблоне. После выверки верхней грани плиты ее раскрепляли оттяжками к монтажной стойке. Затем упоры на ферме-шаблоне опускали, а саму ферму перемещали по кругу для установки соседней плиты. После монтажа всех плит одного пояса швы замоноличивали бетоном. Следующий пояс купола монтировали после достижения бетоном стыков необходимой прочности. Когда были закончены монтажные работы по сборке купола, сделаны кровельные работы и часть отделочных работ по устройству подвесного потолка, для чего использовались и кран, и центральная опора для установки катучих подмостей типа фермы-шаблона, конструкции крана были демонтированы путем извлечения нижних секций ствола крана с попеременным опусканием (на трех полиспастах) оставшейся верхней части. Все вспомогательные приспособления удаляли через центральный выход на арену.

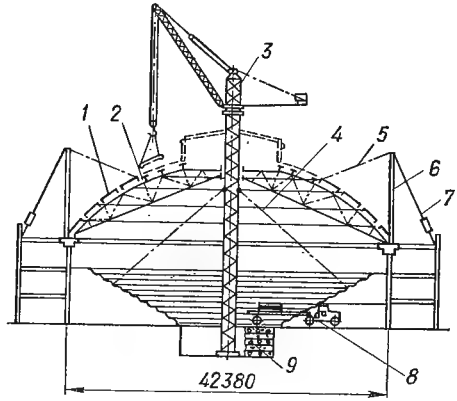


Рис. 88. Схема монтажа купола цирка:
1 — сборная оболочка купола; *2* — ферма-шаблон; *3* — кран; *4* — расчалка башни крана; *5* — подвеска для удержания плит; *6* — монтажная стойка; *7* — расчалка стойки; *8* — панелевоз; *9* — шпальная клетка.

Появившиеся в настоящее время новые модели автомобильных кранов в башенно-стреловом исполнении позволяют значительно расширить области применения метода навесной сборки сборно-монолитных оболочек, конструкции которых обеспечивают монтаж со съемными прижимными устройствами для защемления плит на контуре. Проект монтажа указанным методом разработан в КиевЗНИИЭПе для строительства покрытия (36×36 м) конкорса вокзала в Свердловске.

МОНТАЖ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОПОРЫ И КРАНОВ

При наличии центральной опоры для круглых в плане сооружений пролетом (радиусом) более 40 м экономически целесообразным является монтаж «кабель-краном», заключающийся в том, что для создания системы «кабель-крана» используют центральную опору и тяжелый гусеничный кран. На центральной опоре устанавливают вращающийся оголовок с роликами, через которые проходят поддерживающий и тяговый канаты грузовой тележки. Второй опорой для системы канатов является оголовок стрелы гусеничного крана, ось башни которого удерживают в положении, совпадающем с направлением радиуса.

С помощью такого приспособления было смонтировано покрытие автобусного парка на 500 машин в Киеве. Диаметр покрытия составляет 160 м. Между центральным кольцом и наружным бортовым элементом были натянуты ванты, по которым сверху укладывали сборные железобетонные плиты, утеплитель и кровлю. Гусеничный кран Э-2508, двигаясь вокруг здания, являлся подвижной опорой «кабель-крана». Управление движением грузовой тележки и крюковой обоймой осуществлялось из кабины крана по командам бригадира, передаваемым по радио.

Висячие покрытия цилиндрической формы, в которых ванты располагаются шагом 1,5—2 м по длине здания и своими концами прикрепляются к продольным бортовым элементам, в зависимости от пролета и архитектурно-планировочных решений монтируют одним краном, расположенным внутри здания

(при пролете 40—48 м), или двумя кранами, располагаемыми вдоль длинных сторон здания (при пролете более 40 м). Висячее покрытие Житнего рынка в г. Киеве осуществлялось методом «на себя» с помощью одного башенного крана, расположенного в пролете.

МЕТОДЫ «БЕСКРАНОВОГО» МОНТАЖА

Возведение сооружения, чаще всего покрытия, отдельные конструкции которого имеют массу, намного превышающую грузоподъемность имеющихся кранов, выполняют двумя способами: путем предварительной сборки на земле и последующей установки в проектное положение путем подъема по вертикали или перемещения по горизонтали (надвижка). При этом для подъема используют специальные подъемные установки, а для надвижки— систему специальных устройств.

МЕТОД ПОДЪЕМА С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Метод заключается в том, что на земле производят укрупнительную сборку конструкций покрытия в цельный монтажный блок. На колоннах устанавливают устройства типа ленточных подъемников, оборудованных гидродомкратами, с помощью которых блок покрытия поднимают на проектную отметку, где его окончательно закрепляют. В 1980—81 гг. на одном из киевских заводов осуществлен монтаж покрытия производственного здания пролетом 96 м с использованием специальной подъемной установки грузоподъемностью 1340 т.

Пример применения ленточных подъемников для подъема структурных покрытий зданий общественного назначения приведен в разделе «Легкие металлические конструкции».

МЕТОД НАДВИЖКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО БЛОКА ПОКРЫТИЯ

Специфические условия строительной площадки, архитектурно-конструктивные особенности здания или условия производства общестроительных работ иногда служат основанием для применения метода надвижки постепенно укрупняемого блока покрытия, что иллюстрируется приведенным ниже примером.

Покрытие Дворца культуры «Украина» в Киеве представляет собой систему перекрестных ферм с параллельными поясами. В плане оно имеет форму трапеции со сторонами 40 и 60 и с высотой 60 м. Опоры ферм — железобетонные колонны каркаса с ячейкой 6×6 м, расположенного по периметру зрительного зала. Материал ферм покрытия — низколегированная сталь марки 10ХСНД для основных конструктивных элементов и сталь марки ВМСт3сп для вспомогательных.

Заводские соединения конструкций — сварные, монтажные — сдвигоустойчивые на высокопрочных болтах. По верхним поясам поперечных ферм уложены железобетонные панели размерами 1,5×6 м, по ним — теплая кровля с рулонным ковром.

Несущие конструкции системы покрытия рассчитаны на общую расчетную нагрузку равную 9,8 кПа. Высота ферм равна 3,87 м, отправочные элементы длиной до 18 м, массой до 9,5 т. Пояса ферм выполнены из прокатных уголков размерами 200×30, поставленных в тавр.

Монтаж сборных конструкций каркаса осуществлялся с помощью четырех башенных кранов (КТС-5-10, КБ-160.1М и двух БК-300), установленных вдоль наружных стен за пределами здания (рис. 89). Использование этих кранов для монтажа несущих конструкций покрытия не представлялось возможным из-за недостаточных вылета стрелы и грузоподъемности кранов.

Необходимость выполнения большого объема работ по зрительному залу (площадью 3000 м²) требовала не загроможденного строительными механиз-

мами или такелажным оборудованием пространства внутри здания. В связи с этим оптимальным оказался вариант монтажа, по которому предполагалось выполнить монтаж покрытия укрупненным блоком методом постепенного наращивания и надвижки.

Технологический принцип монтажа покрытия заключался в том, чтобы вдоль основания трапеции собрать в пространственный блок две продольные фермы длиной 60 м с соответствующими элементами поперечных ферм (рис. 90, *а*), затем передвинуть их на один шаг (6 м) и на том же месте собрать еще одну продольную ферму (рис. 90, *б*), снова передвинуть (рис. 90, *в*) и таким образом выполнить сборку и надвижку в проектное положение всей конструкции покрытия. ППР были предусмотрены конструкции накаточных путей, площадок для укрупнительной сборки, монтажных связей, системы тяжения и др.

Согласно стройгенплану для накопления и хранения металлических и железобетонных конструкций была оборудована площадка со стороны ряда *А*. Непосредственно вдоль здания установили башенный кран БК-300 и в зоне его действия складировали конструкции с учетом их массы и грузоподъемности крана. Одновременно краном охватывалась площадка укрупнительной сборки блока покрытия, организованная на высоте 22,8 м, т. е. под нижним поясом фермы покрытия. Площадка была выполнена в виде балочной клетки, опорами которой являлись оголовки железобетонных колонн каркаса здания между рядами *А* и *Б*. Балки площадки рассчитаны на воздействие сосредоточенных сил от домкратов, с помощью которых в процессе сборки блока создавался строительный подъем.

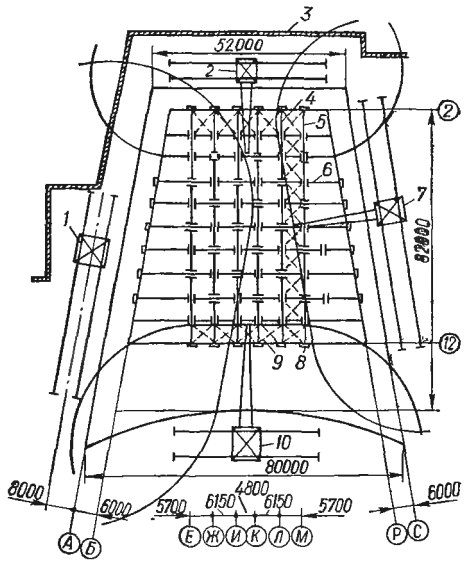


Рис. 89. План покрытия зала:

1 — кран БК-300 со стрелой 38 м; *2* — кран КТС-5-10; *3* — подпорная стенка; *4* — элемент фермы длиной 18 м; *5* — элемент фермы длиной 12 м; *6* — доборные фермы; *7* — кран КБ-160.1М; *8* — катковые опоры; *9* — монтажные связи по верхним и нижним поясам ферм; *10* — кран БК-300 со стрелой 30 м.

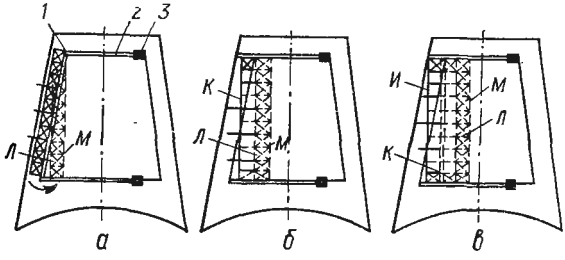


Рис. 90. Схема монтажа и надвижки металлоконструкций покрытия:

а — сборка и поворот блока из фермы *М* и *Л*; *б*, *в* — сборка ферм для рядов соответственно *К*, *И*; *1* — поворотное устройство; *2* — балки накаточных путей; *3* — гидродомкрат двойного действия ДГ-60/315.

По верху балочной клетки был сделан дощатый настил, что обеспечило свободный доступ ко всем узлам нижних поясов ферм. По наружному контуру площадки было устроено ограждение.

Фермы рядов *М* и *Л* (продольные) совместно с элементами поперечных ферм собирали краном БК-300 в пространственный блок на сборочной пло-

щадке между рядами *А* и *Б*. При этом были предусмотрены технологические и конструктивные мероприятия, направленные на то, чтобы свести к минимуму изменения в расчетной схеме покрытия, вызванные различием статических схем несущих элементов в период сборки и монтажа, когда все продольные фермы рядов *Е*, *Ж*, *И*, *К*, *Л* и *М* работают по разрезной схеме, а элементы поперечных ферм являются нагрузкой и работой несущих элементов в период эксплуатации, когда те же продольные фермы должны работать в пространственной перекрестной системе как неразрезные, т. е. совместно с поперечными фермами.

Укрупнительная сборка первого пространственного блока производилась в определенной технологической последовательности. На балочную клетку были вынесены геометрические оси первых двух ферм (рядов *М* и *Л*), которые располагались параллельно рядам *Б* и *А*. Собирали их в направлении от оси *2* к оси *12*. Сначала фермы соединяли между собой распорками по верхним поясам, затем последовательно монтировали элементы поперечных ферм, соединяя их с продольными накладками на монтажных болтах. Опорами для собираемой конструкции служили специально сделанные клиновые домкраты, с помощью которых обеспечивалось (после сборки) — плавное включение в работу ферм пролетом 60 м.

Рис. 91. Поворотное устройство:

1 — нижняя плита катковой опоры до поворота; *2* — нижняя плита после поворота; *3* — сегмент из листа 20 мм; *4* — упорная планка из листа 20 мм; *5* — балка пути надвижки.

После полной сборки первого блока произвели геодезическую выверку геометрических параметров (горизонтальность поясов, вертикальность ферм и др.) и приступили к установке проектных накладок и оформлению соединений на высокопрочных болтах.

Полностью собранный и выверенный блок повернули в положение, параллельное осям продольных ферм. Поскольку общая масса блока составляла более 100 т, серьезное внимание уделялось вопросу фиксации блока в определенном положении. Эта задача была решена путем устройства в точке поворота специального «плоского» шарнира (рис. 91), для чего к нижней плите катковой опоры были приварены два сегмента, которые воспринимали сдвигающие горизонтальные усилия, возникающие в этом узле при повороте блока.

Эти усилия и тяговое усилие для поворота блока вокруг шарнира, расположенного в точке пересечения оси фермы М и оси 2, были определены расчетным путем, исходя из того, что тяговое усилие должно преодолеть силы трения в опорах блока. Тяговое усилие и силы трения в опорах создавали (относительно точки поворота) соответственно грузовой и удерживающий моменты.

Таким образом, уравнение равновесия этой системы представляет:

$$H_b b + H_c\sqrt{a^2+b^2}\ H_d a - Ta\cos\alpha = 0,$$

где H_b, H_c, H_d — реактивные усилия (при тяжении), которые зависят от реакции опоры и коэффициента трения (покоя) стали по стали.

Для данного случая, поскольку масса блока равномерно распределялась на все четыре опоры, $H_b = H_c = H_d = H_a$ (в точке поворота).

Реактивное усилие было принято равным $H_b = H_c = H_d = GfK/4$, где G — полная масса блока; f — коэффициент трения стали по стали при смазанных поверхностях, равный 0,1; K — коэффициент запаса; a, b, $\sqrt{a^2+b^2}$ — расстояния от точки поворота до опор блока; $a\cos\alpha$ — расстояние от точки поворота до линии действия тягового усилия, м.

Таким образом

$$T = \frac{H_b\left(b+\sqrt{a^2+b^2}+a\right)}{a\cos\alpha}.$$

Горизонтальные усилия на поворотный шарнир определяются из условия: $\Sigma X=0$; $\Sigma Y=0$.

В расчет (для выбора тяговых устройств) был введен коэффициент запаса К=3. Для блока массой 138 т расчетное тяговое усилие T составило 223 кН.

В результате замеров было установлено фактическое усилие тяжения $T=148$ кН, что соответствует коэффициенту трения $f=0{,}2$. После поворота блока детали поворотного устройства срезали, а блок перемещали на один шаг одновременной работой двух тяговых устройств (по осям *2* и *12*).

Тяговые устройства, расположенные вдоль осей 2 и 12, были выполнены в виде системы, состоящей из гидродомкрата двойного действия ДГ-60/3.5, помещенного в обойму из двух упоров, приваренных к крайним балкам накаточных путей, двух стальных лент с отверстиями для стопорного пальца и нескольких тяг-распорок, прикрепляемых к опоре фермы (рис. 92). Питание гидродомкрата обеспечивалось насосной станцией типа НСП-400.

Принцип действия тяговых устройств заключался в следующем. Шток гидродомкрата с прикрепленной к нему фасонкой с отверстием для «пальца»

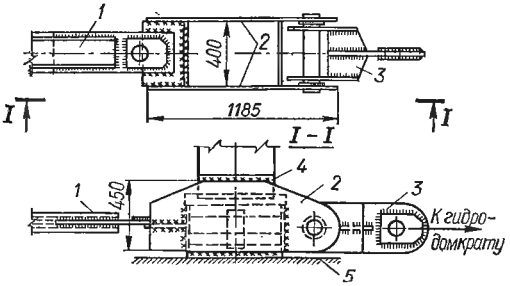


Рис. 92. Опорный узел фермы *М* на период надвижки:

1 — тяга (распорка) из швеллеров № 20; *2* — накладки из листа 20 мм, снимаемые после монтажа; *3* — соединительное звено тяговой системы; *4* — катковая опора; *5* — балка накаточного пути.

тянул на себя перфорированные ленты. Усилия тяжения через ленты и тяги передавались на укрупненный блок, который перемещался в сторону гидродомкрата. После этого шток освобождали от лент и производили холостой ход в сторону блока. Затем шток снова прикрепляли к лентам, и цикл повторялся. Прикрепление штока осуществляли закладкой «пальца» в отверстия двух лент и фасонок штока.

Блок передвигали до тех пор, пока концы элементов поперечных ферм не занимали положения, предусмотренного для сборки очередной продольной фермы. Это положение регламентировалось осью, вдоль которой располагались домкраты, установленные на балочной клетке в пролете *А—Б*. При сборке блока особое внимание уделялось качеству оформления стыков, особенно на стадии пригонки монтажных элементов друг к другу (выравнивание смежных плоскостей, устранение перекосов и др.).

Поскольку укрупненный блок представляет собой пространственную многократно статически неопределимую систему, очень чувствительную к неравномерности распределения деформаций в ее элементах, каждая вновь присоединяемая продольная ферма должна иметь прогиб, равный имеющемуся в ранее собранном блоке. Исходя из этого предусматривался следующий порядок сборки очередных ферм (третьей и последующих). Сначала собирали элементы продольной и соответствующих поперечных ферм на монтажных болтах, после чего осуществляли выверку собранной продольной фермы с учетом строительного подъема. Последний создавался гидродомкратами грузоподъемностью 50 т, установленными на балке сборочной площадки под поперечными фермами ранее собранного блока. Величина усилия поддомкрачивания определялась из условия устранения разности отметок собираемой фермы и прогнувшегося блока в рассматриваемом сечении. При расчете поперечная ферма рассматривалась как абсолютно жесткий стержень, что давало несколько завышенную величину искомого усилия. Было принято, что усилие через попе-

речную ферму, передаваясь на продольные фермы, распределяется по закону внецентренного сжатия подобно обычно принимаемому распределению нагрузок на балки мостов в поперечном направлении.

Расчетом было установлено, что максимальное усилие иа поперечную ферму, которое необходимо для погашения прогиба в соответствующем сечении, составляет 490 кН. Это усилие создавалось гидродомкратами, которые обеспечили плавный медлеиный подъем конструкций до нужного уровня, замеряемого нивелиром. За счет этого подъема удавалось выравнивать плоскости поясов в стыках, что обеспечило качествениую установку накладок и высокопрочных болтов.

В процессе монтажа операции надвижка и сборка чередовались. Причем затраты времени на сборку очередной продольной фермы с включенными в нее элементами поперечных ферм намного превышали затраты времени на перемещение блока. В среднем за 3—4 ч осуществлялась надвижка блока на один шаг (примерно 6 м) и заняты были на этой операции два звена по три человека в каждом. В целях обеспечения устойчивости и геометрической неизменяемости передвигаемого пространственного блока на период монтажа и надвижки были установлены в контурных пролетах крестовые связи по нижним и верхним поясам ферм.

После установки блока в проектное положение опоры продольных ферм закрепили на балках накаточных путей, зафикснровав тем самым положение блока в плане. Затем кранами БК-300 и краном БК-160.1М смонтировали крайние элементы поперечных ферм.

Для включения поперечных ферм в работу всей системы был применен следующий прием. К опорным узлам ферм прикрепили поперечные траверсы, под которые установили гидравлические домкраты грузоподъемностью 50 т. Ферму поднимали домкратами на 30—85 мм и под опорные башмаки подводили катковые опоры. После окончательной выверки опорный башмак фермы опускали на верхнюю балансирную плиту катковой опоры и фиксировали на ней. Геодезическая проверка отметок собранного блока показала, что в результате включения в работу поперечных ферм величины прогибов перераспределялись и уменьшились с 58 до 24 мм.

Сборные железобетонные плиты покрытия смонтировали башенными кранами, а в «мертвой зоне» — специальными тележками. После чего уложили элементы кровли.

Для определения действительных напряжений в элементах ферм и установления общих и местных деформаций на различных этапах загружения покрытия, установления соответствия принятой расчетной схемы и расчетных предпосылок действительной работе конструкций покрытия, выявления действительной работы всей системы, опорных узлов и узлов пересечения ферм металлоконструкции подвергли испытанию. Согласно проекту усредненная расчетная нагрузка на покрытие составила 10,78 кПа. Испытательные нагрузки, имитирующие нормативные и расчетные, прикладывались к покрытию по этапам и создавались за счет подвески емкостей, наполненных водой. Емкости изготовили из заглушенных по торцам труб диаметром 1220 мм различной длины (от 5,5 до 12,5 м). 35 пар емкостей уложили вдоль цифровых осей на шпалах и подклинили. Каждую пару труб соединили резиновыми шлангами, образовав сообщающиеся сосуды. К моменту испытания на фермы установили прогибомеры и наклеили датчики сопротивлений. Испытание производилось в четыре этапа. На каждом снимались отсчеты с приборов. Перед испытанием конструкций провели следующие работы: освидетельствовали конструкции с точки зрения их соответствия проекту (оформление узлов, заводские и монтажные швы и т. д.); проверили журналы контроля качества подготовки поверхностей стыковки элементов и постановки высокопрочных болтов; произвели геодезическую съемку смонтированной системы ферм и зафиксировали результаты съемки: отметки нижних поясов ферм в узлах их пересечения; отклонения верхних и нижних поясов ферм от продольных осей; отметки верха плит покрытия; отметки опорных частей ферм по рядам *Б* и *Р* и осям *2* и *12*. Испытания дали положительные результаты, которые были отражены в актах сдачи-приемки сооружения.

Технико-экономические показатели монтажа конструкций покрытия Дворца культуры «Украина» приведены ниже:

Металлоконструкции покрытия:	
масса, т	445
стоимость 1 т, руб.	316,38
в том числе стоимость монтажа, руб.	52,65
Сборный железобетон (плиты покрытия):	
объем, м³	175
стоимость, тыс. руб.	15,11
Соединения на высокопрочных болтах:	
объем, тыс. шт.:	
болтов	9,7
гаек	9,7
шайб	19,4
масса, т:	
болтов	
гаек	
шайб	
стоимость, тыс. руб.:	
болтов (общая)	5,9
в том числе термообработка	2,8
гаек (общая)	1,5
в том числе термообработка	1,1
шайб (общая)	2,9
в том числе термообработка	2,1
Металлоконструкции для испытания покрытия:	
масса, т	247,4
стоимость 1 т, руб.	247,47
в том числе стоимость монтажа, руб.	32,00
Местная норма на крепление стыков конструкций покрытия высокопрочными болтами (обжиг, очистка поверхностей накладок, периодическая тарировка индикаторного ключа и др.) на 100 болтов:	
норма времени, чел.-ч	18,1
расценка, руб.	8,60
Общие трудозатраты, чел.-смен:	
на монтаже металлоконструкций покрытия	2660
в том числе на установке высокопрочных болтов	1420
на монтаже покрытия	240
Выработка на 1 рабочего в смену на монтаже:	
металлоконструкций:	
руб. в 1 чел.-день	60,5
т в 1 чел.-день	0,198
плит покрытия:	
руб. в 1 чел.-день	62,5
т в 1 чел.-день	0,73

МОНТАЖ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ КАРКАСОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

По статической схеме каркасы подразделяются на рамные, рамно-связевые и связевые (рис. 93), по материалу, из которого они изготовлены,— на стальные и железобетонные (сборные и монолитные). Распределение нагрузок на элементы каркасов этих типов приведено в табл. 124.

Рамные каркасы характерны тем, что деформации отдельных рам в общей системе отличаются бо́льшей равномерностью и позволяют осуществлять более свободную планировку зданий. В рамно-связевых схемах обеспечивается

большая жесткость перекрытий верхних этажей (отсутствие депланации). В связевых каркасах необходимая жесткость обеспечивается экономически целесообразными конструктивными средствами (по признакам сравнительно небольшого расхода стали, меньшей трудоемкости и др.).

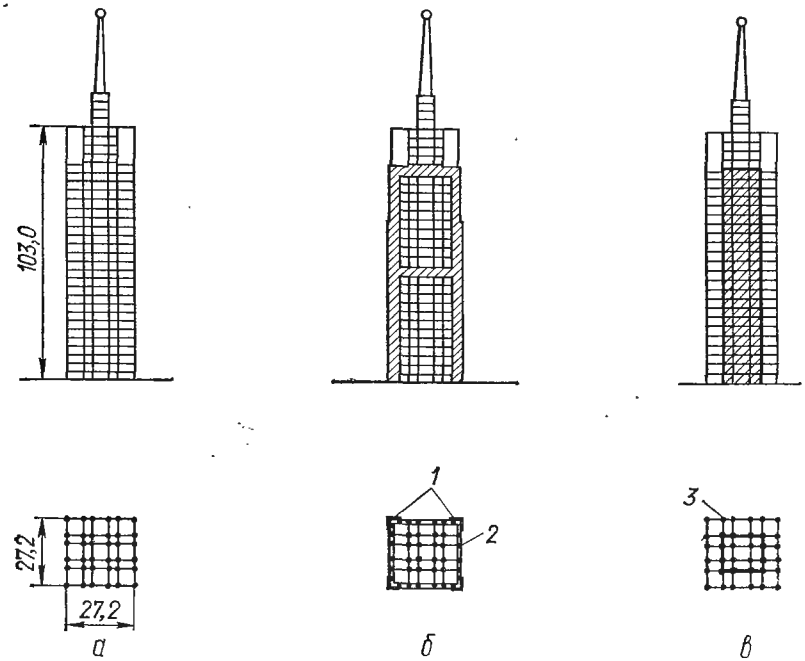


Рис. 93. Типы каркасов на примере здания Гидропроект (Москва):
а — рамный; *б* — рамно-связевый; *в* — связевый; *1* — стойки связевой рамы; *2* — ригель связевой рамы; *3* — пространственно-связевая система.

Наиболее эффективной является разновидность связевой схемы — каркаса с пространственной (рис. 94, 95) системой связей, примененного впервые в жилом здании на Котельнической набережной и в проекте административного здания в Зарядье, в Москве и в здании Дома культуры и науки в Варшаве.

Преимущества пространственно-связевой схемы по жесткости и по расходу материалов видны из сопоставления показателей вариантов проекта здания института Гидропроект (табл. 125).

Таблица 124. **Распределение нагрузок на элементы каркасов**

Тип каркаса	Нагрузка	
	вертикальная	горизонтальная
Рамный	Рамы	Рамы
Рамно-связевый	Элементы рам	Связи (диафрагмы жесткости) и элементы рам с распределением пропорционально жесткостям систем каркасов
Связевый	Рамы	Связи

Для высотных зданий и зданий повышенной этажности нашли широкое применение:

рамные каркасы с применением сборных Н-образных элементов высотой 6 и пролетом 4,8 м, состоящих из двух колонн, соединенных между собой ригелем двутаврового сечения высотой в этаж;

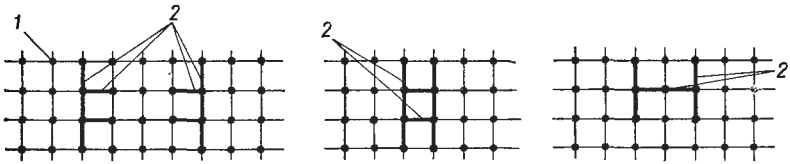


Рис. 94. Варианты компоновки пространственно-связевых систем:
1 — колонна; *2* — связи (диафрагмы).

рамные каркасы с балками-стенками пролетом 12—18 м высотой в этаж, располагаемыми в шахматном порядке по высоте или под углом друг к другу, что значительно увеличивает жесткость каркаса;

сборно-монолитные конструкции, в которых ядро жесткости выполняют из монолитного железобетона в скользящей или переставной опалубке, а всю обстройку монтируют из сборных элементов (железобетонные или металлические колонны и ригели и сборные плиты перекрытий с навесными панелями стенового ограждения).

Опыт проектирования и возведения индустриальными методами крупнейших административных и общественных зданий (многоэтажные здания на проспекте Калинина, здание Госплана СССР, гостиница «Националь», институт Гидропроект, институт им. Вишневского в Москве) показал эффективность применения конструктивных решений на базе унифицированного сборного железобетонного каркаса по сравнению с традиционной конструкцией, широко применяемой в настоящее время за рубежом в виде стального каркаса (колонны, ригели, диафрагмы жесткости) с железобетонными перекрытиями.

Расчетные данные показывают, что по стоимости стальной каркас превышает стоимость железобетонного в среднем на 20%, по расходу стали (приведенной к стали класса Ст 23/38) в два раза больше, чем для железобетонного. При этом расход бетона в стальном каркасе всего на 3,5% меньше. Столь малое снижение расхода бетона для стального каркаса обусловлено необходимостью осуществления огнезащиты несущих конструкций. Обработка стальных конструкций составом вермикулита с асбестом обходится пока в 4—5 раз дороже, чем обетонирование.

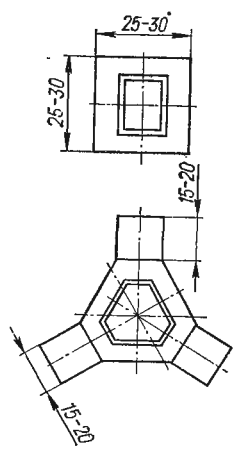


Рис. 95. Планировочные решения зданий с пространственными ядрами жесткости.

Трудовые затраты на монтаж конструкций каркаса и перекрытий при стальном каркасе в 1,5—2 раза больше, чем при железобетонном. Продолжительность монтажа здания со стальным каркасом с обетонировкой элементов, исчисленная при условии работы одним башенным краном в две смены, в 1,3—1,8 раза выше продолжительности монтажа здания из сборного железобетона.

Применение сборного железобетона для зданий высотой 20—30 этажей при современных условиях более целесообразно. Для зданий высотой более 30 этажей применение стального каркаса с железобетонными перекрытиями при обязательном условии индустриальной противопожарной защиты несущих

Таблица 125. **Сопоставление вариантов проектов каркаса здания института Гидропроект**

Наименование показателей	Единица измерения	Типы каркаса		
		Рамный	Рамно-связевый	Пространственно-связевый
Жесткость каркаса:				
прогиб	—	$H/1310$	$H/2700$	$H/2900$
перекос	—	1/1050	1/2170	1/2050
Расход материалов на 1 м³ здания:				
стали	кг	15,70 / 100%	12,65 / 80%	11,0 / 70%
бетона	м³	0,034 / 100%	0,042 / 123%	0,045 / 132%
Снижение массы конструкций:				
колонны	%	100	86	74
ригели	»	100	68	62
узлы	»	100	78	72

Примечания: 1. H — высота здания. 2. Показатели в процентах приведены относительно данных для рамного каркаса.

конструкций может быть эффективней, чем применение железобетонного каркаса.

Наибольшее распространение для многоэтажного строительства гражданских зданий получает сборный железобетонный унифицированный каркас (рис. 96), а для промышленных и гражданских зданий с нетиповыми высотами этажей и пролетами, а также с повышенными нагрузками — металлический.

Высотные здания содержат следующие основные конструктивные элементы: колонны, ригели, узловые сопряжения и металлические связи, конструкции междуэтажных перекрытий.

Колонны. В унифицированном каркасе сечение колонн 400×400 мм, высота — на два этажа, марка бетона 300—500, арматура — класса А-III. Предельная несущая способность при бетоне М-500—6000 кН, масса 2,5—2,9 т.

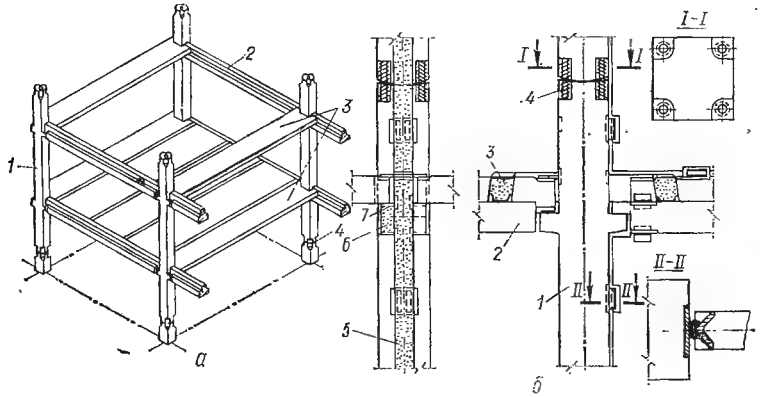


Рис. 96. Сборный железобетонный унифицированный каркас:
а — конструкция ячейки каркаса; *б* — сопряжение панелей диафрагм жесткости и ригеля с колонной; *1* — колонна сечением 40×40 см; *2* — ригель таврового сечения; *3* — настил-распорка; *4* — сферический стык; *5* — стенки жесткости; *6* — полки для опирания настилов; *7* — закладные металлические детали.

Стыки колонн (рис. 97), в основном, двух типов: с передачей усилий через стальные элементы (опорные плиты, оголовки) и непосредственно с бетона на бетон.

Технология устройства стыка со стальной обоймой заключается в следующем. На монтаже колонну устанавливают на центрирующей прокладке

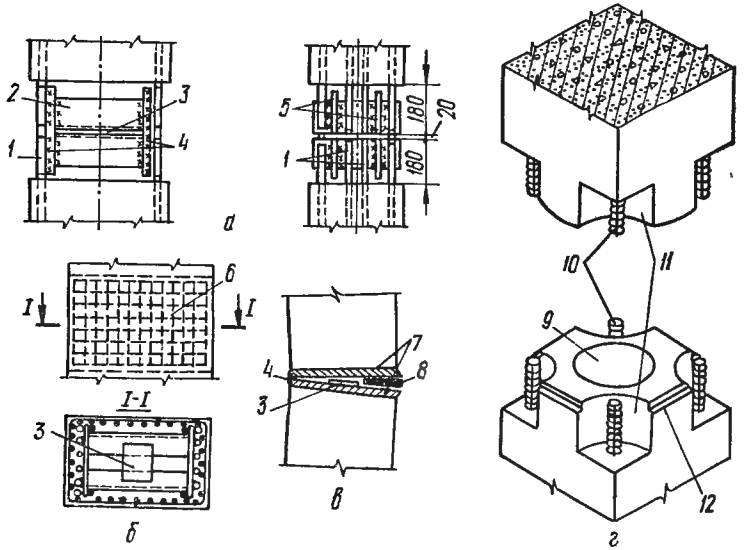


Рис. 97. Стыки сборных железобетонных колонн:

а — со стальной обоймой (вид до замоноличивания); *б* — то же, после замоноличивания; *в* — дефект стыка; *г* — стык колонн со сферическими бетонными поверхностями; *1* — продольная арматура колонны; *2* — стальные уголки; *3* — центрирующая стальная прокладка; *4* — сварной шов; *5* — стыковые стержни; *6* — сетка из стержней диаметром 3 мм; *7* — стальные листы; *8* — стальные прокладки; *9* — сферическая бетонная поверхность; *10* — стержни колонн, стыкуемые ванной сваркой; *11* — стыковые шпильки; *12* — паз для монтажного хомута.

и стальные обоймы смежных колонн соединяют приваркой арматурных накладок. Шов между торцами колонн зачеканивают раствором, а вокруг стальных обойм на высоту стыка выполняют защитный слой.

Характерные особенности устройства такого стыка состоят в следующем. Расход стали на один стык составляет до 70 кг, трудозатраты — около 8,5 чел.-ч, расход электродов — 20 кг. Затраты времени на изготовление в заводских условиях (заготовка, сварка) — 2—2,5 ч. Для обетонирования стыка применяют арматурную сетку (при бетонировании зимой требуется дополнительная тепловая обработка). Зачеканка шва осложнена наличием продольных накладок, в связи с чем трудно контролируема. В целях обеспечения равномерной передачи усилий на опорную площадь колонны требуется тщательно совмещать грани обоймы, избегать перекосов и полностью чеканить шов в стыке, чтобы не возникало перенапряжений в колонне из-за случайных неучтенных эксцентриситетов.

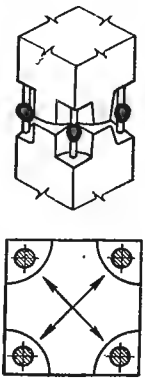


Рис. 98. Детали сварки стержней в стыке и последовательность сварки стержней.

Технология устройства стыка с передачей усилий с бетона на бетон. При установке колонны со сферическими торцами происходит самоцентрация за счет смятия бетонных поверхно-

стей при случайных эксцентриситетах. Арматурные выпуски сваривают ванной сваркой полуавтоматическим агрегатом, придерживаясь специальной технологии. В целях исключения перекоса выпуски сваривают по диагонали последовательно по одному стержню (рис. 98).

Широкое применение находят безметальные стыки с центрирующей бетонной прокладкой. Формы для изготовления таких колонн значительно проще, чем для колонн со сферическими стыками.

Некоторые разновидности конструктивных форм колонн, применяемых в стальных каркасах, представлены на рис. 99.

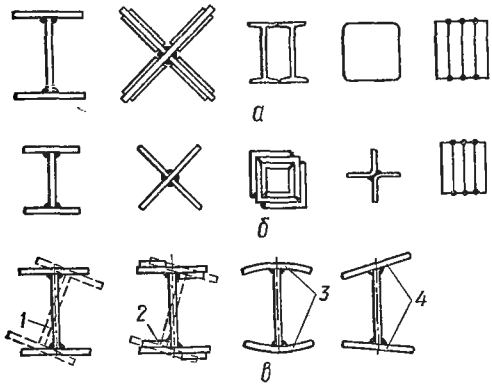


Рис. 99. Типы сечения колонн:
а — стальных; *б* — с жесткой арматурой; *в* — остаточные деформации колонн двутаврового сечения при сварке поясных швов; *1* — винтообразность колонны; *2* — приваренные на монтаже строганые планки для ликвидации винтообразности колонны; *3* — грибовидность полок; *4* — перекос полок.

Наиболее распространенной конструкцией стыков колонн, работающих на большие нагрузки, является решение с передачей усилий через фрезерованные торцы (рис. 100).

Ригели. В унифицированном каркасе ригели — предварительно напряженные, таврового сечения высотой 45 см и шириной, равной ширине колонны. В стальных каркасах ригели делают стальные, стальные с обетонированием (огнезащита) и сборные железобетонные (рис. 101). В целях увеличения жесткости и снижения расхода стали ригели бетонируют совместно с замоноличиванием плит перекрытий непосредственно в проектном положении, а также до монтажа, оставляя незабетонированной верхнюю часть для обеспечения связи со швами плит перекрытия.

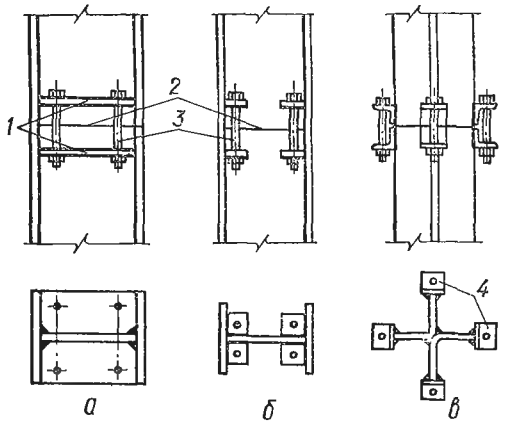


Рис. 100. Конструкция стыков металлических колонн:
а — стык стальных колонн; *б* — стык жесткой арматуры; *в* — стык колонны крестового сечения; *1* — диафрагмы; *2* — фрезерованные торцы; *3* — стяжные болты; *4* — уголки.

Узловые сопряжения. Они существенно влияют на статическую работу каркаса, на трудоемкость его изготовления и монтажа и, следовательно, на темпы возведения здания.

В каркасах применяют, в основном, два типа сопряжений: свободное (гибкое) и жесткое. При свободном примыкании на колонну передаются вертикальные и горизонтальные усилия, а при жестком — еще и изгибающий момент. Наибольшее распространение имеет жесткий тип примыкания

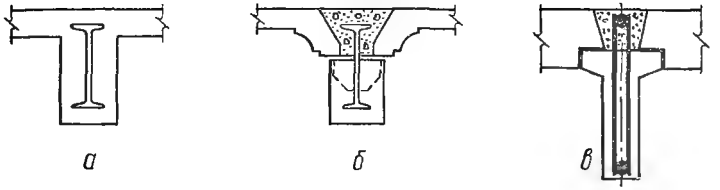


Рис. 101. Типы ригелей:

а — железобетонный с жесткой арматурой (монолитный); *б, в* — сборный железобетонный соответственно с жесткой и гибкой арматурой.

(рис. 102, а). С точки зрения удобства замоноличивания предпочтительным является узел с выносной консолью (рис. 102, б).

Металлические связи. Применяют крестовые, полураскосные, ромбические, подкосно-ригельные и другие системы. Наименьший расход стали в крестовых системах (элементы связей — растянуты).

Полураскосные системы позволяют более гибко осуществлять планировочные решения (проемы и др.), но они менее экономичны по расходу стали, чем крестовые. В целях увеличения жесткости каркаса производят последующее (после монтажа каркаса) обетонирование связей.

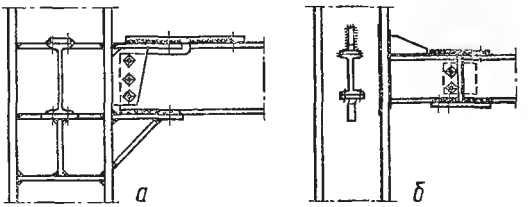


Рис. 102. Типы узлов жесткого опирания ригелей на колонну:

а — с опорным столиком; *б* — с выносной консолью.

Конструкции междуэтажных перекрытий. Междуэтажные перекрытия являются жесткими диафрагмами в горизонтальной плоскости и обеспечивают неизменяемость системы каркаса.

В унифицированном каркасе перекрытия (рис. 103) выполняют из многопустотных плит высотой 22 см (пустоты диаметром 14 см) со шпонками по длинным сторонам. После замоноличивания шпонки воспринимают сдвигающие касательные усилия, которые возникают между настилами при работе

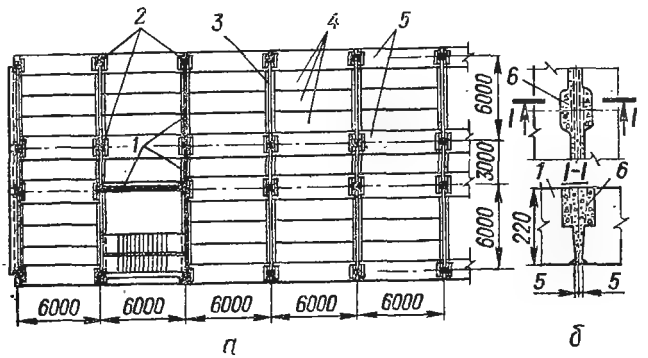


Рис. 103. Перекрытия в зданиях с унифицированным каркасом:

а — схема перекрытия; *б* — детали шпонок между настилами перекрытий; *1* — диафрагмы жесткости; *2* — колонны; *3* — ригель; *4* — многопустотные настилы; *5* — настилы-распорки; *6* — заполнение бетоном (раствором).

жесткого диска перекрытия. Между колоннами делают распорки из элементов корытообразного сечения, обеспечивающие жесткость каркаса в продольном направлении и устойчивость колонн в монтажный период.

Все элементы перекрытий делают предварительно напряженными, тем самым уменьшая абсолютные величины прогибов в условиях совместной работы настилов (плит) в перекрытиях. В зимних условиях раствор замоноличивания укладывается с противоморозными добавками. Решения перекрытий в стальных каркасах идентичны с железобетонными.

МЕТОДЫ МОНТАЖА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

На выбор метода монтажа высотных зданий влияют в основном два фактора: технология выполнения монтажных работ с использованием соответствующей монтажной оснастки и механизация производства монтажных работ.

По технологии выполнения монтажных работ различают следующие методы возведения зданий: метод монтажа несущих конструкций каркаса с последующим устройством стенового ограждения; метод поэтажного (поярусного) монтажа всех сборных конструкций; метод опережающего возведения «ядра жесткости» с последующим монтажом каркаса и метод подъема перекрытий (этажей). Установка несущих конструкций зданий может осуществляться методом свободного и ограниченно-свободного монтажа.

Механизация монтажных работ обеспечивается применением подвижных, приставных (стационарных) башенных кранов, самоподъемных кранов и специальных подъемников.

Сочетание технологии и механизации многовариантно и в каждом конкретном случае должно выбираться при разработке проекта организации строительства. При этом должны учитываться архитектурно-конструктивные особенности здания, размеры строительной площадки, парк кранов монтажной организации и другие факторы.

Метод монтажа несущих конструкций каркаса здания с последующим устройством стенового ограждения применяют в тех случаях, когда стены здания выполняются из мелкоштучных материалов или когда по конструктивным соображениям передача ветровых нагрузок на незавершенный полностью каркас недопустима. Такой метод возведения приводит к увеличению продолжительности строительства в целом, несмотря на то, что продолжительность монтажных работ сокращается.

Метод поэтажного монтажа всех сборных конструкций применяют наиболее часто при возведении каркасных и каркасно-панельных зданий с высокой степенью сборности конструктивных элементов. Этот метод заложен в основу поточного строительства и достаточно полно освещен в технической литературе.

Метод опережающего возведения «ядра жесткости» с последующим монтажом каркаса позволяет конструировать здание с облегченными условиями для элементов каркаса при расчете их на горизонтальные нагрузки в монтажной стадии, вследствие чего достигается экономия материалов. Этот метод дает возможность ускорить строительство за счет установки дополнительного крана непосредственно на «ядре жесткости», причем в зависимости от размеров «ядра» это может быть стационарный или подвижный кран.

Применение этого метода в комбинации с методом поэтажного (поярусного) монтажа может дать определенный эффект, что было проверено на опыте возведения высотной гостиницы «Киев» (г. Киев). Высотная часть гостиницы представляет в плане прямоугольник со сторонами 36,0×43,2 м общей высотой 84 м. Каркас здания — стальные колонны и балки с железобетонными плитами перекрытий. В середине здания располагается пространственно-связевое «ядро жесткости» размером 7,2×14,4 м, а по контуру — колонны, шарнирно соединенные балками с «ядром жесткости». Таким образом, центральное «ядро» воспринимает все горизонтальные нагрузки, а периферийные колонны — только вертикальные.

Сечение колонн — замкнутое квадратное составное — из листов толщиной 30—40 мм, из стали марки 16Г2АФ (класс С45), сваренных автоматом. Соеди-

нение колонн между собой — по строганным торцам на монтажных болтах. Балки — составные двутаврового сечения с последующей обетонировкой по сетке (огнезащита). В целях увеличения жесткости внутреннюю полость колонн предусматривалось заполнять бетоном. Плиты перекрытий — пустотные с заполнением отверстий (по торцам) бетоном. Перегородки — из шлакоблоков, наружные стены — кирпичные.

Здание возводилось в центральной части города в непосредственной близости с существующими домами, т. е. в стесненных условиях, что вообще характерно для высотных зданий, строящихся в старых городах.

На заранее установленные, выверенные и подлитые раствором стальные плиты с фрезерованной поверхностью устанавливали колонны со строганными торцами и закрепляли их анкерными болтами. В целях обеспечения общей ус-

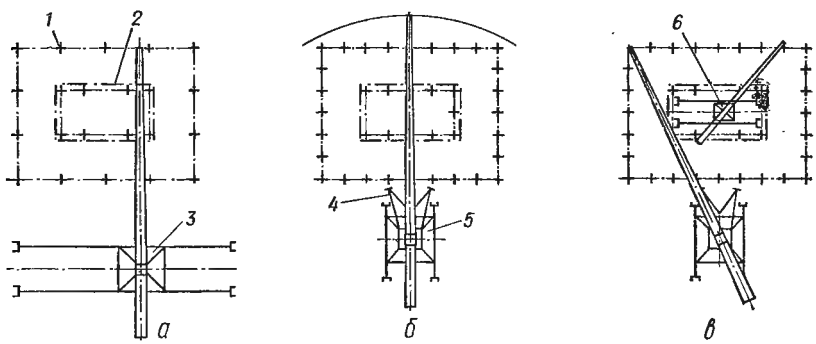


Рис. 104. Схемы монтажа высотной части каркаса здания:

а — схема до отметки 12,5 м; *б* — схема монтажа каркаса до отметки 46,5 м; *в* — схема монтажа каркаса выше отметки 46,5 м; *1* — колонны каркаса; *2* — связи; *3* — башенный кран БК-300; *4* — диафрагма, прикрепляющая башенный кран к каркасу; *5* — башенный кран БК-300П (приставной); *6* — башенный кран СК-3-5 («нулевик»).

тойчивости монтируемого каркаса сначала монтировали элементы связного «ядра жесткости», а затем устанавливали конструкции (колонны, ригели и плиты перекрытий) периферийной части. Устойчивость отдельной колонны на нижних двух ярусах обеспечивалась закреплением монтажных болтов, а выше — кондуктором граневой фиксации, переставляемым краном в нужное место плана и по этажам. Кондуктор позволял временно закрепить и отрихтовать колонну и обеспечивал безопасный доступ к узлам для установки и закрепления балок. Вслед за установкой балок очередного этажа укладывали плиты перекрытий и замоноличивали швы между ними.

Основным монтажным механизмом являлся башенный кран БК-300 со стрелой 38 м. Монтаж крана начали до завершения работ по устройству монтажного железобетонного ростверка на расстоянии примерно 15 м от здания (рис. 104). После монтажа каркаса до отметки 46,5 м кран повернули на 90° и обеспечили ему движение не вдоль здания, а поперек, что исключило «мертвые зоны». В связи с тем что обычная модель БК-300 обеспечивала монтаж конструкций до отметки 50 м, была произведена его модернизация (рис. 105), в результате которой кран из подвижного был превращен в приставной. Устойчивость крана обеспечивалась диафрагмой (на отметке 42,3 м), прикрепленной к каркасу зданий. Во избежание перегрузки ходовой части крана под башню снизу были подведены две стандартные секции, опорой которых служил небольшой фундамент. Таким образом, все вертикальные нагрузки от крана передавались на этот фундамент, горизонтальные — на каркас здания.

Монтаж каркаса был доведен до отметки 46,5 м, после чего к смонтированному каркасу зданий прикрепили диафрагмы крана БК-300, а башню крана увеличили на четыре секции (4×6,75=27 м). В дальнейшем смонтировали

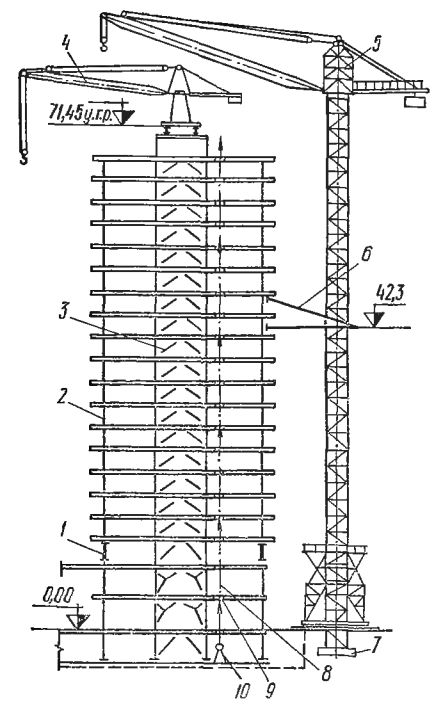


Рис. 105. Схема каркаса и расположения кранов (размеры в м):

1 — обвязочная балка для перехода колонн с шага 7,2 на 3,6 м; *2* — колонна каркаса; *3* — связи; *4* — башенный кран СК-3-5; *5* — башенный кран БК-300П; *6* — диафрагма крепления БК-300П к каркасу здания; *7* — фундамент под башню крана; *8* — визирная ось; *9* — отверстия (150×150 мм) в плитах перекрытий; *10* — зенит-прибор вертикального визирования.

связное «ядро жесткости» до полной высоты, где уложили подкрановые пути и установили дополнительный кран СК-3-5 («нулевик»). Последующий монтаж каркаса осуществлялся уже двумя кранами (БК-300 и СК-3-5), что почти в два раза увеличило темп монтажа.

Каждый из кранов обслуживал «свою» зону и «мертвую» зону другого крана. Перестановку кондуктора выполняли краном БК-300, так как масса кондуктора составляла 7,3 т, что больше грузоподъемности «нулевика». Кран «нулевик» был демонтирован с кровли после полного завершения всех отделочных, сантехнических и электротехнических работ. Грузы подавались внутрь здания с помощью переносных консольных площадок. Кроме указанных двух кранов, были применены два грузопассажирских подъемника ПГС-800, установленных по фасаду здания со стороны ряда А.

Монтаж каркаса характеризуется следующими технико-экономическими показателями:

Масса металлоконструкций, т	2100
Объем сборного железобетона, м³	2050
Среднесписочная численность рабочих, чел.	27
Выработка на одного рабочего в месяц на монтаже:	
металлоконструкций, т	8,62
сборного железобетона, м³	8,44

Выверку геометрического положения конструктивных элементов высотного здания выполняли при помощи зенит-прибора, позволяющего путем визирования строго по вертикали переносить положение опорных точек, закрепленных на фундаменте здания, на любой из смонтированных этажей.

В подвальной части здания на специальных тумбах были закреплены точки триангуляционной сетки, служащие опорами базовых осей, которые располагались на некотором расстоянии (750—1000 м) от геометрических осей здания таким образом, чтобы тело колонны не препятствовало последующей разбивке и промерам.

Для обеспечения вертикального визирования зенит-прибором в плитах перекрытий были сделаны отверстия, в которых установили специальные рамки («палетки»), содержащие прозрачную пластину с нанесенной сеткой, облегчающей фиксацию переносимых опорных точек. Вертикальность колонн монтируемого яруса проверили в двух плоскостях теодолитом, установленным на перекрытии нижележащего этажа и центрируемого на соответствующую точку на пластине. Расстояние от визирной оси теодолита до грани колонны замерили с помощью специальной горизонтальной линейки. Фактическое положе-

Таблица 126. **Монтажное оснащение для монтажа каркасов**

Монтажное оснащение	Характеристика	Масса, т	Длина×ширина×высота, м	Монтируемые конструктивные элементы
Шарнирно-связевые кондукторы ЦНИИОМТП и СКБ Главмосстроя	Содержат четыре групповых шарнирно-связевых кондуктора и соединительные горизонтальные связи в продольном и поперечном направлениях и состоят из жесткой базы и плавающей шарнирной рамы. Снабжены выдвижными рабочими площадками в двух уровнях. Применяются для зданий с конструктивной сеткой 6×4,5 м	22,4 (5,6×4)	4,0×3,7×6,05	Колонны, ригели, распорки, диафрагмы жесткости (между колоннами), перегородки, вентблоки, плиты перекрытий (в промежутках между кондукторами)
Шарнирно-связевые кондукторы конструкции Свердловского филиала Индустройпроекта	То же. Применяются для зданий с конструктивной сеткой 6×6 м	20	4,0×4,0×6,05	То же. Пригодно для монтажа каркасов серии ИИ-20 и ИИ-04
Групповые кондукторы конструкции Мосоргстроя	Содержат пространственную решетчатую цельносварную конструкцию, состоящую из нижней и верхней частей, упорных винтов и лотаппаратов, с помощью которых кондуктор отстраивают, опираясь на оголовки колонн нижнего яруса. Применяются для зданий с конструктивной сеткой 6×6 м	20 (5,0×4)	4,0×4,0×6,05	Аналогичны предыдущим

Таблица 127. **Затраты труда и кранового времени при монтаже каркасов с помощью кондукторов**

Элементы затрат	Монтажное оснащение (кондукторы)					
	ЦНИИОМТП и СКБ Главмосстроя		Свердловского филиала индустройпроекта		Мосоргстроя	
	Затраты труда и кранового времени из расчета на один групповой кондуктор					
	чел.-ч	маш.-ч	чел.-ч	маш.-ч	чел.-ч	маш.-ч
Подготовка к перестановке (удаление связей)	0,72	—	0,37	—	0,74	—
Перестановка	1,44	0,37	1,11	0,34	2,52	0,29
Выверка	1,60	—	1,78	—	1,53	—
Временное закрепление колонн	3,78	0,69	0,59	0,15	1,8	0,29
Итого . . .	7,54	1,06	3,67	0,49	6,59	0,58

Таблица 128. Затраты ручного труда и кранового времени на монтаж элементов каркаса одного яруса (по данным ЦНИИОМТП для зданий конструкции Моспроекта)

Конструктивный элемент	Метод монтажа	
	свободный	ограниченно-свободный
Колонны	91,5/17,0	57,2/10,8
Ригели	34,9/12,4	30,9/10,0
Распорные плиты	36,4/12,0	37,6/11,4
Итого . . .	163,8/41,4	125,7/32,2

Примечание. В числителе приведены затраты ручного труда в чел.-ч, а в знаменателе — время работы крана в маш.-ч.

ние закрепленных колонн фиксировали на поярусных исполнительных схемах, представляемых авторскому надзору.

Метод подъема перекрытий (этажей) применяется, в основном, для возведения каркасных зданий с плоскими железобетонными перекрытиями и отличается тем, что сначала на земле, используя краны малой грузоподъемности, устанавливают колонны первого яруса и бетонируют перекрытия всех этажей (пакетом), применяя междуэтажные прокладки. Вокруг колонн в плиту закладывают специальные обоймы с подвижными опорными устройствами, а к колоннам прикрепляют домкраты специальной конструкции, подвижные части которых соединяют тягами с плитами перекрытий.

Домкратами поднимают плиты перекрытий таким образом, что в уровне нижней очередной плиты срабатывает подвижное опорное устройство, и данное перекрытие устанавливается на проектной отметке. По мере подъема перекрытий устанавливают колонны вышележащих этажей и переставляют домкратные

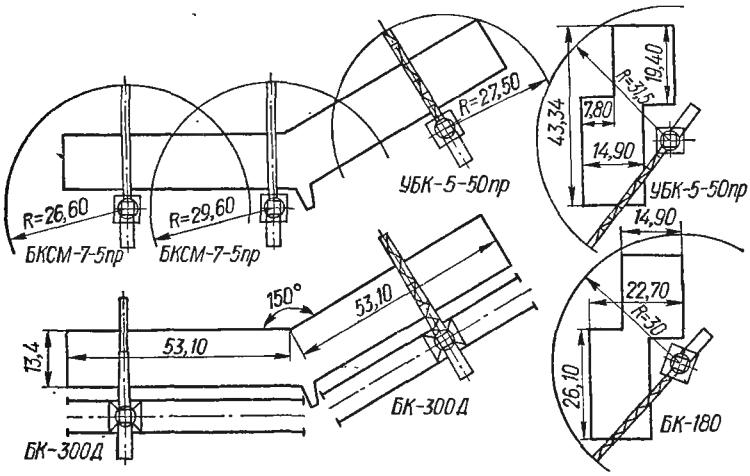


Рис. 106. Примерные схемы расположения башенных кранов при возведении многоэтажных зданий (размеры в м).

установки. Эти операции производят башенным или пневмоколесным краном, установленным непосредственно на перекрытиях.

Монтаж указанным методом, примененным на стройках Ленинграда и Еревана, показал эффективность в снижении трудозатрат на 0,6 чел.-ч на 1 м² общей площади по сравнению с крупнопанельным строительством.

Названные технологические методы монтажа каркасных и каркасно-панельных зданий могут применяться в сочетании с двумя основными способами установки несущих конструкций: свободного и ограниченно-свободного монтажа. При свободном способе монтажа ориентирование и установка элементов производятся путем сочетания рабочих движений крана и действий монтажников. Средства для временного закрепления элементов — подкосы, расчалки, струбцины, одиночные кондукторы. Точность установки при этом зависит от квалификации монтажников и машиниста крана. При ограниченно-свободном способе монтажа перемещение монтируемых элементов в стадии установки ограничивается в одном или в нескольких направлениях за счет использования отдельных групповых приспособлений.

Монтажное оснащение в зависимости от количества одновременно охватываемых конструктивных элементов бывает индивидуальное и групповое. Индивидуальные приспособления и устройства обеспечивают установку в заданное положение одного конструктивного элемента (например, кондуктор конструкции Мосоргстроя, ЦНИИОМТП и другие); групповые — установку в заданное положение группы конструктивных элементов (например, кондуктор конструкции Свердловского филиала Индустройпроект, Мосоргстроя и другие).

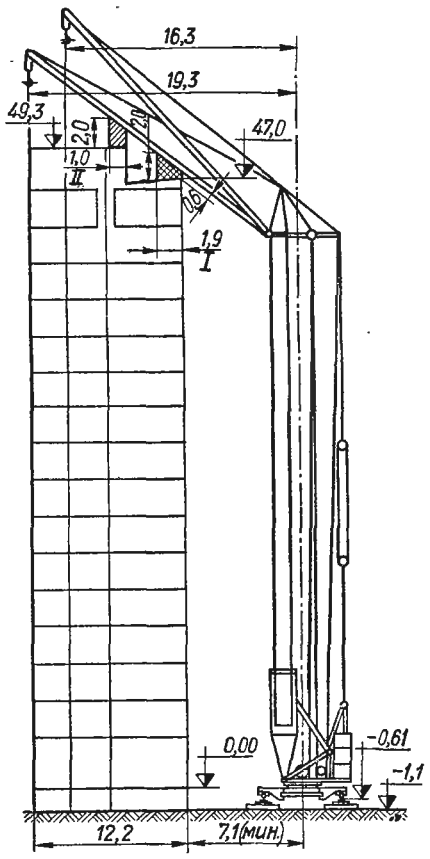


Рис. 107. Установка башенного крана КБ-160.2 при монтаже здания методом отступления (размеры в м):

I, II — опасные зоны.

По конструктивным признакам монтажного оснащения различают: связи, жесткие кондукторы и шарнирно-связевые кондукторы. Связи собственной устойчивости не имеют и обеспечивают установку элемента в заданное положение за счет их присоединения к ранее установленным конструкциям. Жесткие кондукторы имеют пространственно жесткую конструкцию с ограничивающими устройствами и могут целиком выверяться в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Шарнирно-связевые кондукторы имеют две функционально разграниченные части: одна пространственно-жесткая, поддерживающая вторую часть — шарнирную раму, фиксирующую положение монтируемых элементов (табл. 126, 127).

При использовании монтажного оснащения соблюдают следующую технологическую последовательность. Колонны устанавливают на оголовки нижестоящих колонн, закрепляют гибким тросом и фиксируют откидными упорами

и граневыми фиксаторами. Затем монтируют диафрагмы жесткости и все горизонтальные элементы.

Данные о трудозатратах и затратах кранового времени при монтаже одного яруса каркаса здания приведены в табл. 128.

Монтаж подвижными башенными кранами (рис. 106) — наиболее распространенный вид механизации монтажных и общестроительных работ. Применение этих кранов ограничивается высотой зданий до 50 м.

Таблица 129. **Технические характеристики приставных башенных кранов [16]**

Наименование показателей	Единица измерения	Марка крана					
		БКСМ-7-5Пр	УБК-5-50Пр	ПКВ-1В	Кранлифт	БК-180	КБ-573
Грузоподъемность на вылете:							
минимальном	т	5,3	5,0	5,0	5,0	5,0	10,0
максимальном	"	3,5	5,0	4,0	5,0	5,0	4,0
Вылет крюка:							
минимальный	м	4,5	3	3,5	3,5	2,5	2,5
максимальный	"	29,6	31,5	27	30	30	40
Высота подъема крюка	"	98	98	89	94	110	150
Рабочие скорости:							
подъема груза	м/мин	16	20	30	30	20	20;40
передвижения грузовой тележки	"	47,8	30	31	32	15	25
Скорость поворота стрелы	об/мин	0,6	0,167	0,6	0,56	0,63	0,6
Мощность электродвигателей:							
грузовой лебедки	кВт	30	30	30	30	30	30×2
стреловой лебедки	"	4,5	—	4,5	—	—	—
механизма передвижения грузовой тележки	"	2,2	2,2	2,2	2,2	3,5	3,5
механизма поворота стрелы	"	3,5	3,8	3,5	5	5×2	3,5×2
дополнительных механизмов (подъема башни и т. п.)	"	5×2	5×2	3,5	16+2,8	5	3,5
суммарная	"	50,2	46	43,7	56	48,5	74
Размеры опорной части крана	м	6×6	6×6	6×6	8×8	6×6	6×6
Количество средних секций		16	16	14	15	19	27
Масса крана:							
без контргруза и балласта	т	110,2	136	85*	100	76	89
общая	"	118,2	147,8	124	108	122	95,6

* Масса крана без опорной рамы.

В отдельных случаях, когда нецелесообразно по экономическим соображениям или по условиям организации строительной площадки для возведения высотного здания устанавливать два крана (по двум длинным сторонам здания), монтаж ведут одним подвижным краном, используя для возведения верхних двух-трех этажей отступление. Сущность его заключается в том, что начиная с этажей, отметка которых превышает отметку шарнира стрелы крана, сначала устанавливают конструкции наиболее удаленных от крана рядов или пролетов, а затем, отступая, монтируют ближние ряды. При этом необходимо тщательно подготовить и укомплектовать в полном объеме все сборные конструкции «дальних» рядов, так как доступ к ним краном в последующем (после монтажа «ближних» рядов) — исключен (рис. 107).

Так монтировали верхнюю центральную часть гостиницы «Москва» (Киев). Монтаж велся краном БК-300. Конструкции последнего этажа и каркас кафе

смонтировали порядово, обеспечив устойчивость отдельно стоящих колонн специальными оттяжками.

Монтаж приставными (стационарными) башенными кранами (табл. 129) производят при высоте зданий более 50 м.

Основным отличительным качеством этих кранов является прикрепление их к строящемуся зданию по мере его возведения. Благодаря прикреплению

Таблица 130. **Технические характеристики самоподъемных и переставных кранов [18]**

Наименование показателей	Единица измерения	Марка кранов			
		СБК-10	СБК-10-5-П	Т-178М	Т-178М2
Грузоподъемность на вылете:					
минимальном	т	10,0	5,0	2,0	1,5
максимальном	»	10,0	5,0	2,0	1,5
Вылет крюка:					
минимальный	м	4,5	4,0	10	13,3
максимальный	»	17,1	26,2	15	18
Высота подъема крюка	»	120	150	100	100
Рабочие скорости:					
подъема груза	м/мин	9,9; 13,7	15; 30	36; 48	36; 48
передвижения грузов тележки	»	—	22,4	—	—
Скорость поворота стрелы	об/мин	0,3	0,3	1,0	1,0
Мощность электродвигателей:					
грузовой лебедки	кВт	30	30+30	16	16
стреловой лебедки	»	30	—	13,5	13,5
механизма передвижения грузовой тележки	»	—	4	—	—
механизма поворота стрелы	»	3	3	—	—
дополнительных механизмов (подъема башни и т. д.)	»	3+3	3+3	—	—
суммарная	»	69	73	36,9	36,5
Размеры опорной части крана	м	—	—	3,5×3,5*	3,5×3,5*
Масса крана:					
без контргруза и балласта	т	59	66	12,5	12,5
общая	»	66	75	26	29

* Колея крана.

к зданию увеличивается устойчивость крана и сохраняются его эксплуатационные качества. Связь крана со зданием осуществляют путем установки жесткой горизонтальной диафрагмы (рис. 108), конструкция которой обеспечивает передачу горизонтальных нагрузок от крана на здание. Непременным условием нормальной работы являются достаточная жесткость и прочность каркаса. Проверка каркаса на дополнительные горизонтальные усилия от прикрепления крана производится при разработке технического проекта.

Недостатком монтажа приставными кранами являются ограниченность монтажной зоны в связи с тем, что кран неподвижен, а также значительная

металлоемкость самой конструкции крана в связи с необходимостью его наращивания. Кроме того, при наращивании крана появляется необходимость в верхолазных работах по закреплению новых секций ствола при установке диафрагм. Эти недостатки почти исключаются при применении самоподъемных кранов.

Монтаж самоподъемными кранами (табл. 130). Принцип монтажа каркаса самоподъемным краном заключается в том, что кран устанавливается внутри

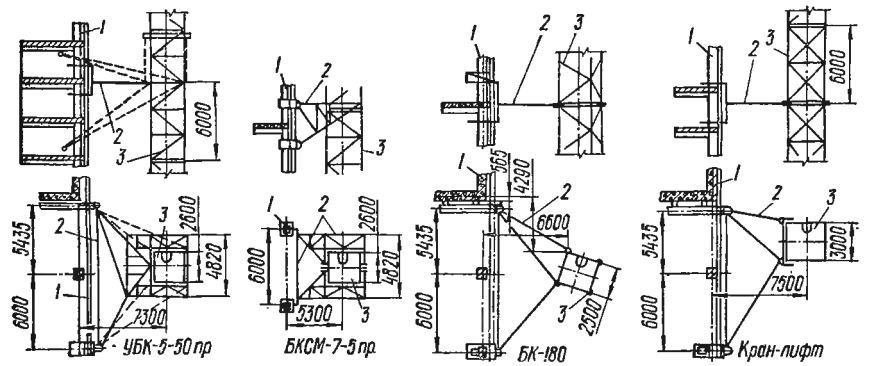


Рис. 108. Схемы крепления башен кранов к зданию:
1 — здание; *2* — диафрагма крепления; *3* — башня крана.

здания после монтажа первых двух-трех этажей и впоследствии поднимается вместе с монтируемым каркасом, с каждой стоянки обеспечивая монтаж нескольких этажей. Количество монтируемых этажей выбирают с таким расчетом, чтобы создать необходимую для закрепления крана высоту. Опорами крана служат балки и колонны каркаса. Демонтаж крана производят после завершения монтажных, а иногда и общестроительных работ, используя при этом такелажное оборудование (полиспасты подъема) самого крана.

МОНТАЖ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Легкие металлические конструкции для промышленных и гражданских зданий разделяются, в основном, на несущие и ограждающие. К несущим относятся конструкции каркасов зданий (колонны, связи, покрытия). К ограждающим — настилы, кровли, стеновые панели, зенитные фонари, оконные переплеты, перегородки встроенных помещений *.

Легкие несущие и ограждающие конструкции выпускаются заводами Минмонтажспецстроя СССР [15].

СТРУКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ТРУБ ТИПА «БЕРЛИН» (ТУ 36-1829-75) **

Конструктивные особенности. Конструкции представляют собой пространственную систему, основными элементами которой являются двух- и трехметровые трубчатые стержни, соединенные между собой узловыми деталями

---

* В данном справочнике сведения не приводятся.
** Изготавливается Киреевским заводом ограждающих конструкций.

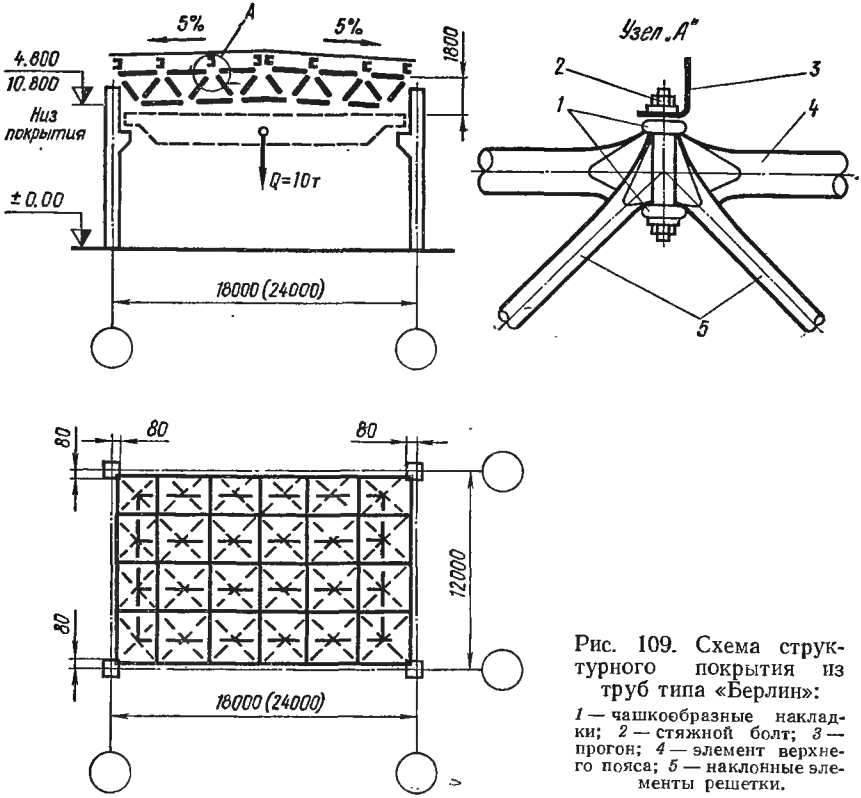


Рис. 109. Схема структурного покрытия из труб типа «Берлин»:

1 — чашкообразные накладки; *2* — стяжной болт; *3* — прогон; *4* — элемент верхнего пояса; *5* — наклонные элементы решетки.

(рис. 109). Концы трубчатых стержней сплющивают и обрезают под требуемым углом, после чего к ним приваривают клиновидные калиброванные сегменты.

В процессе сборки эти сегменты соответствующих стержней сходятся в узле, где их соединяют чашкообразными накладками и фиксируют стяжным болтом. Покрытие устраивают по прогонам швеллерного профиля, опирающихся на накладки узлов. Из этих конструкций собирают блоки размером 12×18 м и 12×24 м (соответственно для I-III и I-II ветровых районов). Номенклатура блоков приведена в табл. 131.

Таблица 131. **Номенклатура блоков покрытия (шаг колонн 12 м)**

Марка блоков покрытия	Пролет, м	Расчетная нагрузка на покрытие, Па	Масса стали, кг	
			общая	1м²
СП2	18	2800	4947	22,9
СП2-1			4947	
СП2-2			4957	
СП3	24	2200	6040	21
СП3-1			6051	
СП3-2			6062	

Монтажные работы. Монтаж и приемку конструкций следует производить в соответствии с требованиями ВСН 353-75 по утвержденному проекту производства работ. Конструкции покрытия должны поставляться полностью окрашенными на заводе-изготовителе в соответствии с требованиями проекта. Транспортировать конструкции следует в заводской упаковке, обеспечивающей компактность и удобство погрузочно-разгрузочных работ и складирования. Транспортная единица комплектуется конструктивными элементами одной марки.

В процессе подготовки к монтажу должны быть выполнены работы нулевого цикла с устройством бетонной подготовки, сдача-приемка фундаментов

Таблица 132. **Допускаемые отклонения при сдаче-приемке фундаментов и анкерных болтов и средства их определения**

Наименование отклонения	Допускаемое отклонение	Рекомендуемый материальный инструмент
Верхняя плоскость опорной плиты:		
по высоте	±1,5 мм	Нивелир и рейка (линейка) с ценой деления 1 мм
по наклону	1/1500	Уровень УС-2-700 с ценой деления шкалы основной ампулы, характеризующей наклон продольной оси, равный 0,6 мм на 1 мм
Смещение анкерных болтов в плане:		
расположенных внутри контура опоры конструкций	5 мм	Линейка с ценой деления 1 мм
то же, вне контура опоры	10 мм	То же
Отклонение отметки верхнего торца анкерного болта от проектной	+20 мм; —0	Нивелир и рейка (линейка) с ценой деления 1 мм
Отклонение длины нарезки анкерного болта	+30 мм; —0	Линейка, метр (складной)

с закладными деталями, установка и подливка опорных плит, при этом отклонения от проекта не должны превышать приведенных в табл. 132.

При выборе метода монтажа покрытия следует учитывать, что при площади здания 20 тыс. м² и более рекомендуется выполнять блоки полной строительной готовности, собирая их на конвейерной линии. При площади здания до 20 тыс. м² монтаж конструкций рекомендуется производить блоками, укрупняемыми на передвижных стендах в непосредственной близости к месту установки.

Конструкции собирают (рис. 110) в блоки на специальных стендах, обеспечивающих опирание и фиксацию положения узлов нижнего и верхнего поясов блока с учетом их уклона, а также правильность геометрической формы блока в плане. Сборку блока производят от середины к краям (в направлении меньших сторон). Начинают с установки элементов нижнего пояса, затем стыкуют наклонные элементы, после чего устанавливают элементы верхнего пояса. В процессе сборки гайки на узловых болтах (шпильках) закручивают сборочными ключами, а натяжение шпилек на проектное усилие 78,4 кН и затяжку контргаек моментом, равным 0,2 момента затяжки основной гайки, производят динамометрическими ключами (после сборки и выверки каждого блока). Контролю соответствия фактического натяжения шпилек проектному подвергают все опорные и нижние угловые узлы, а также 25% остальных узлов. Настил укладывают после сборки и выверки блока.

Собранный блок доставляют к месту установки кранами, специальными тележками и другими средствами (согласно ППР). Строповка блоков или опирание на транспортные средства должны осуществляться в опорных узлах.

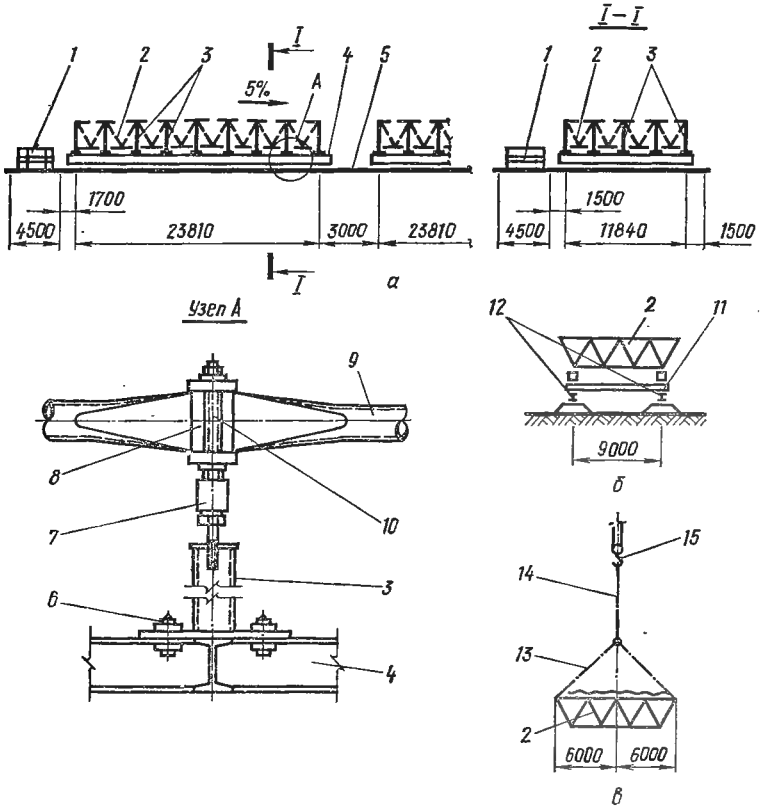


Рис. 110. Монтаж структур типа «Берлин»:

а — схема укрупнительной сборки; *б* — установка блока структуры на тележки; *в* — схема строповки блока; *1* — контейнер со стержнями блока; *2* — блок покрытия; *3* — домкратная стойка; *4* — стенд; *5* — бетонное основание; *6* — крепление стойки к стенду; *7* — винтовой домкрат; *8* — деталь узла; *9* — стержни верхнего пояса; *10* — стяжной болт; *11* — тележка; *12* — пути перемещения тележки; *13* — стропы (2 шт.); *14* — двухветвевой строп; *15* — крюк крана.

В проектное положение блок устанавливают на колонны, раскрепленные связями и подкрановыми балками и закрепленные анкерными болтами согласно проекту. Один из четырех нижних листов опор блока приваривают к колонне до подъема блока. Положение остальных трех нижних листов уточняют в соответствии с фактическим положением опорных узлов устанавливаемого блока (отклонение не должно превышать 15 мм).

РАМНЫЕ КОНСТРУКЦИИ КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ ТИПА «ПЛАУЭН» (ТУ 36-1925-76) *

Конструктивные особенности. Конструкции представляют собой систему однопролетных рам, устанавливаемых с шагом 6 м (рис. 111). Плоская рама состоит из четырех основных элементов — двух колонн и двух полуригелей, имеющих по концам фланцы с отверстиями. Элементы соединяются между собой высокопрочными болтами. Поперечное сечение элементов рамы — коробчатое. Оно образовано двумя горячекатаными швеллерами, соединенными между собой гофрированными стенками толщиной 3—4 мм. Пролеты зданий —

Таблица 133. **Номенклатура рамных конструкций для зданий с расчетной сейсмичностью 6 баллов в районах с температурой наружного воздуха минус 40° и выше**

Марка	Пролет, м	Высота рам, м	Расчетная нагрузка на покрытие, Па	Сечение стоек и ригелей, мм	Масса стали, кг
Бескрановые здания					
РР-, РС1-, РС2-, РС3-, РС4-, РТ1-, РТ2-18-7-1	18	6,28	2800	188×630	2449—2479
РР-, РС1-, РС2-, РС3-, РС4-, РТ1-, РТ2-18-8-1	18	8,18	2800	188×630	2616—2649
РР-, РС1-, РС2-, РС3-, РС4-, РТ1-, РТ2-24-7-1	24	6,98	2800	248×660	3582—3628
РР-, РС1-, РС2-, РС3-, РС4-, РТ1-, РТ2-24-8-1	24	8,18	2800	248×660	3795—3832
Крановые здания					
РР-, РС1-, РС2-, РС3-, РС4-, РТ1-, РТ2-18-7-2	18	6,28	2700	188×630	2511—2553
РР-, РС1-, РС2-, РС3-, РС4-, РТ1-, РТ2-18-8-3	18	8,18	2700	188×630	2686—2727
РР-, РС1-, РС2-, РС3-, РС4-, РТ1-, РТ2-24-8-3	24	8,18	2700	248×660	3891—3942

Примечания: 1. Условное обозначение: «РР» — рядовая рама, «РС» — связевая, «РТ» — торцевая.
2. В таблице обозначение марок сокращено: «РР» вместо марки «РР-18-7-1» и т. д.

18 и 24 м. Из конструкций собирают бескрановые здания и здания, оборудованные мостовыми кранами грузоподъемностью до 8 т. Номенклатура рамных конструкций приведена в табл. 133.

Монтажные работы. Монтаж и приемку конструкций следует производить в соответствии с ВСН 357-75 по утвержденному проекту производства работ.

Требования по поставке и производству подготовительных работ, в основном, такие же, как для конструкций типа «Берлин».

Отклонение деталей опирания стоек и анкерных болтов не должно превышать приведенных в табл. 134.

Элементы конструкций собирают в плоские рамы, используя специальные тумбы, устанавливаемые на спланированной поверхности. Сначала соединяют между собой стойки и ригели и устанавливают высокопрочные болты (затяжку не производят), затем выполняют подготовку геометрических размеров за счет перемещения элементов в узлах, после чего соединяют полурамы высокопрочными болтами и производят их контрольную затяжку. При уста-

* Заимствовано из строительной практики ГДР.

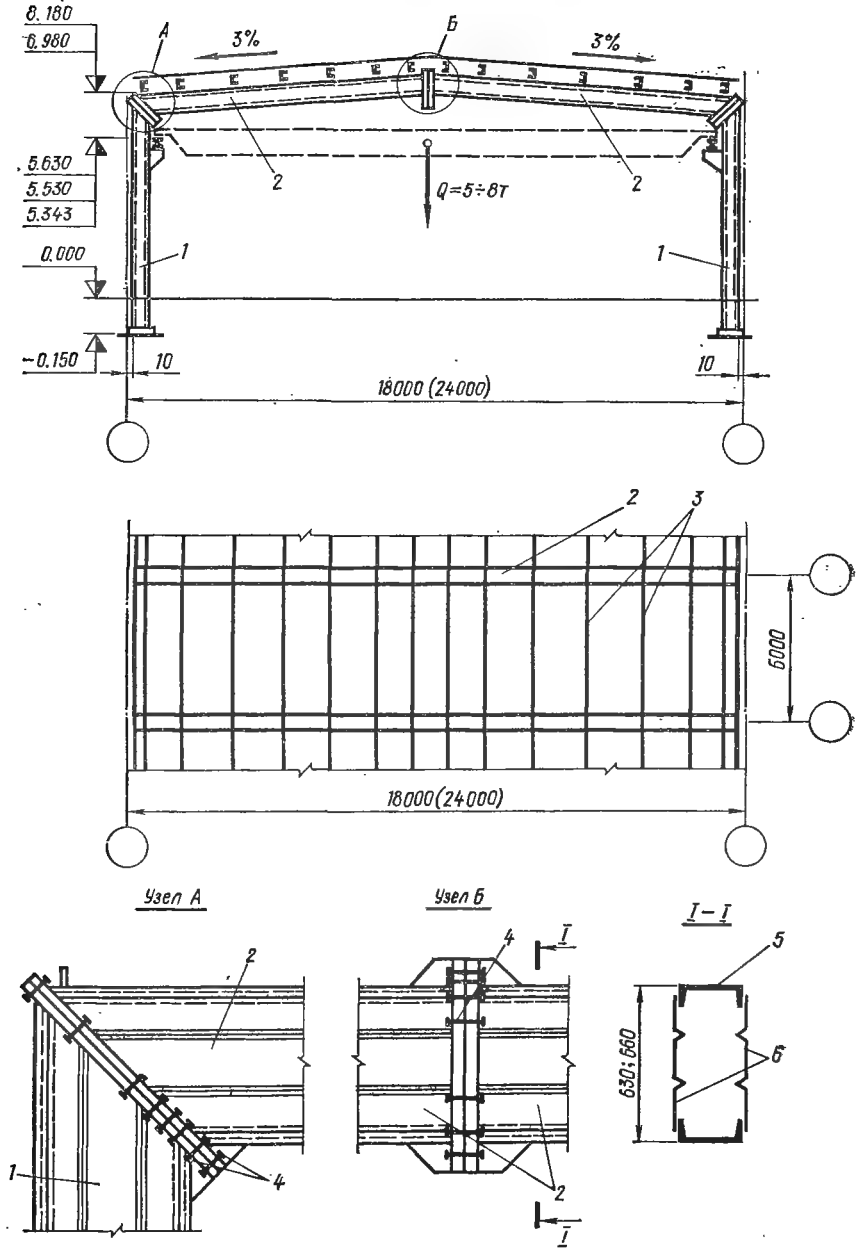


Рис. 111. Схема рамной конструкции типа «Плауэн»:

1 — колонна; *2* — полуригель; *3* — прогоны; *4* — высокопрочные болты; *5* — швеллер № 18 (№ 24); *6* — гофрированные стенки толщиной 4 мм.

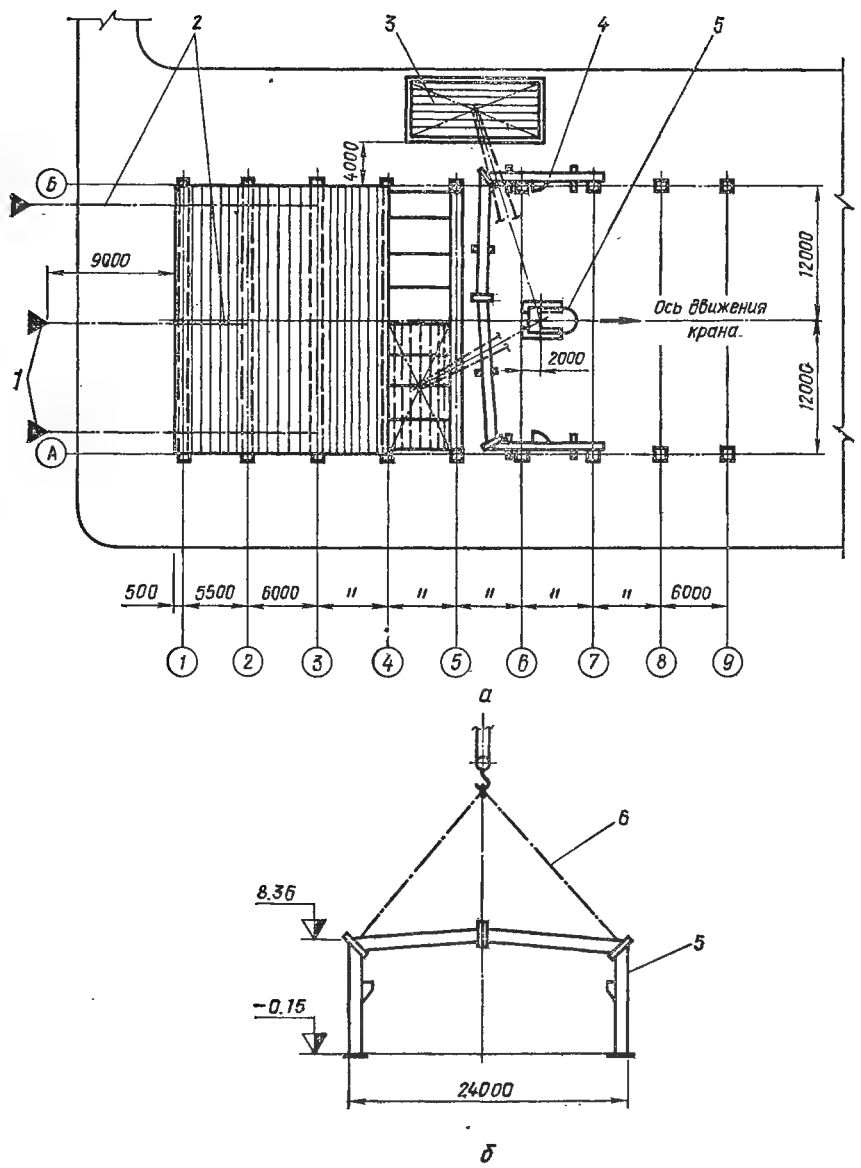


Рис. 112. Схема монтажа рамных конструкций типа «Плауэн»:

а — план монтажных работ; *б* — схема строповки; *1* — переносной якорь на усилие 29,4 кН; *2* — расчалки; *3* — стенд для сборки профилированного настила; *4* — рама, подготовленная к подъему; *5* — гусеничный кран МКГ-25; *6* — двухветвевой строп.

новке высокопрочных болтов используют электро- или пневмогайковерты с регулируемым моментом закручивания или тарированные на проектное усилие ключи.

Таблица 134. **Допускаемые отклонения, мм, от проектного положения конструкций покрытий**

Допускаемое отклонение	Типа „Кисловодск"	Типа „Берлин"	Из прокатных профилей	Типа „Плауэн"
Отклонение отметки верха колонн от проектной	±10	±10	±10	—
Смещение осей колонн относительно разбивочных осей	∓5	±5	±5	±5
Отклонение оси колонны от вертикали в верхнем сечении	5	10	10	10

Раму устанавливают на подготовленный фундамент (опорную плиту) и раскрепляют инвентарной распоркой (регулируемой длины). Общая устойчивость конструкций в процессе сборки обеспечивается постановкой в торцовой панели расчалок. Монтаж ведут ячейками, сначала устанавливая раму, а затем кровлю (рис. 112).

СТРУКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЙ ТИПА ЦНИИСК (ТУ 36-108-76)

Конструктивные особенности. Конструкция представляет собой пространственно стержневую систему с ортогональной сеткой поясов, опирающуюся по четырем углам в уровне верхних поясов (рис. 113). Продольные пояса верхней сетки выполняются длиной на половину пролета, а поперечные — из уголков длиной, равной длине панели. Все стержни нижней поясной сетки изготавливают длиной, равной нескольким панелям. Раскосы делают из одиночных и парных уголков и крепят болтами нормальной точности к фасонкам верхних продольных поясов и непосредственно к нижним продольным поясам. Их роль выполняют верхние продольные пояса, на которые укладывают стальной профилированный настил. Блок покрытия собирают на земле вместе с утеплителем и гидроизоляцией и затем устанавливают в проектное положение. Размер сек-

Таблица 135. **Номенклатура блоков покрытия типа ЦНИИСК**

Марка блоков покрытия	Пролет	Расчетная нагрузка на покрытие, Па	Масса стали, кг	
			общая	на 1 м^2
С18-315	18	3150	5044	23,4
С18-465		4650	6220	38,8
С18-630		6300	7614	35,3
С24-330	24	3300	7985	27,5
С24-445		4450	9260	32,1

ции — 12×18 м и 12×24 м (соответственно для I—III и для II снеговых районов). Номенклатура блоков покрытия приведена в табл. 135.

Монтажные работы. Монтаж и приемку конструкций следует производить в соответствии с требованиями ВСН 360-75 по утвержденному проекту производства работ.

Требования к поставке и к производству подготовительных работ, в основном, такие же, как для конструкций типа «Берлин».

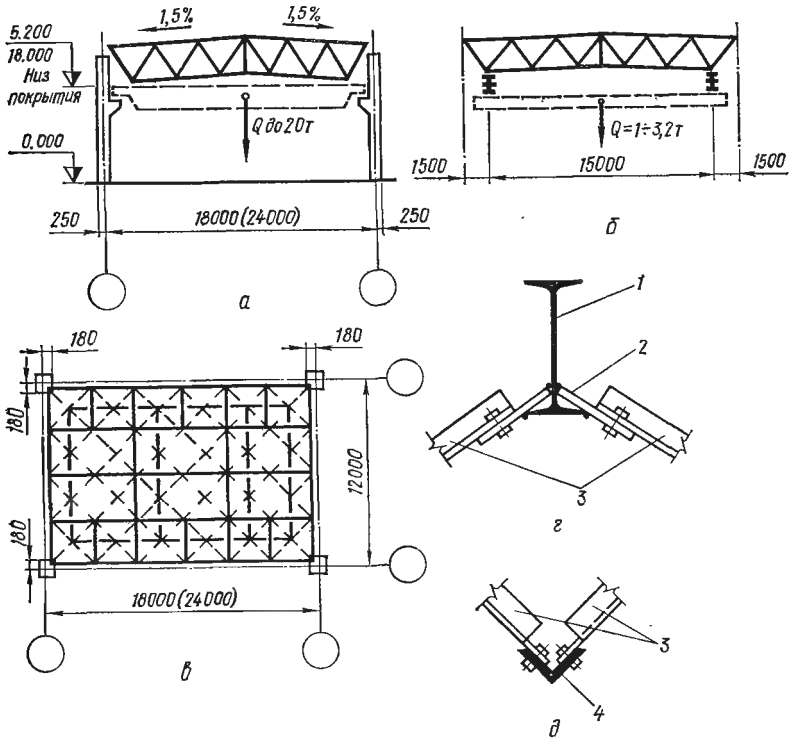


Рис. 113. Схема структурного покрытия из прокатных профилей типа ЦНИИСК:

а, б — поперечный разрез для зданий соответственно с мостовым и подвесным кранами; *в* — план покрытия; *г, д* — узлы соответственно верхнего и нижнего поясов; *1* — прогон; *2* — узловые фасонки; *3* — наклонные элементы; *4* — элемент нижнего пояса.

Конструкции блока собирают на специальном стенде. Начинают сборку с установки торцовых ферм, потом устанавливают элементы нижнего пояса, затем — верхнего. Далее прикрепляют наклонные элементы, примыкающие к нижним и верхним поясам. Болтовые соединения выполняют с применением гайковерта с моментом закручивания 196 Н·м.

Отклонение размеров собранного блока от проектных не должно превышать, мм:

По ширине блока . . .	±3	По диагонали для блока длиной 18 м	±9
По длине для сторон длиной 18 мм	±6	То же, длиной 24 м . .	±10
То же, 24 м	±7	Разность отметок опорных узлов	10

Стальной настил укладывают после сборки и выверки конструкций блока. Требования к транспортированию собранного блока от места сборки к месту установки в проектное положение, а также условия при установке блока на постоянные опоры такие же, как для конструкции типа «Берлин».

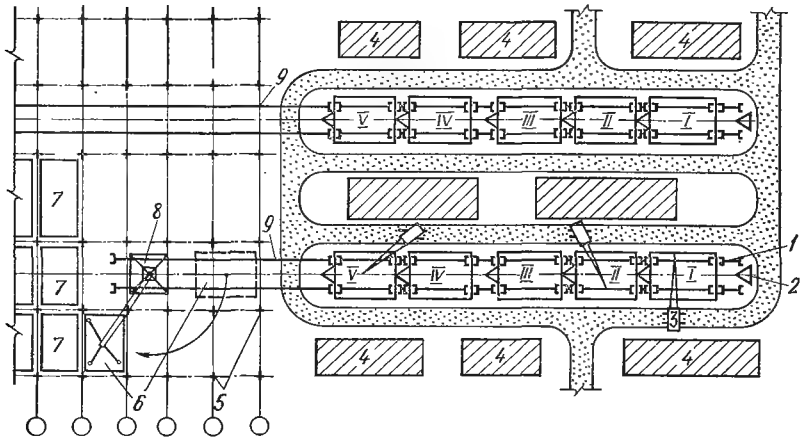


Рис. 114. Фрагмент стройгенплана монтажных работ методом конвейерной сборки:

I — стенд сборки конструкций структуры; II — стенд сборки технологического оборудования и сантехнических трубопроводов; III — стенд укладки профилированного настила; IV, V — стенды укладки утеплителя и кровли; 1 — тележки сборочного стенда; 2 — якорь системы перемещения тележек стенда; 3 — стреловой кран; 4 — площадки для складирования конструкций и материалов; 5 — колонны здания; 6 — монтируемый блок; 7 — смонтированные блоки; 8 — башенный кран БК-300; 9 — пути крана и тележек.

В качестве примера монтажа приводим монтаж конструкций покрытия главного корпуса пивзавода № 3 в Киеве (проект производства работ разработан УкрПТКИмонтажспецстрой). Главный корпус завода представляет собой одноэтажное здание размером в плане 91×220 м с сеткой колонн 12×18 м. Покрытие корпуса — структурные конструкции из прокатных профилей в виде блоков размером 12×18 м, кровля — оцинкованный профилированный настил толщиной 0,8 и 1 мм. Колонны каркаса — сборные железобетонные. Для покрытия предусмотрены зенитные фонари. Покрытие состоит из 90 структурных блоков. Максимальная масса блока — 7463, вместе с профилированным насти-

Таблица 136. **Показатели работ на стояиках**

Стоянка	Работы	Трудоемкость, чел.-ч	Количество рабочих, чел.	Продолжительность, ч
I	Сборка конструкций структуры на стенде	92	11	8
II	Монтаж технологических трубопроводов и сантехнического оборудования	66	8	8
III	Укладка картии профилированного настила и зенитных фонарей	58	18	7
IV	Укладка утеплителя и рулонной кровли	96	12	8

лом 10830 кг. Наибольшая отметка покрытия — 9 м. Стеновое ограждение — сборные железобетонные панели. Внутри корпуса запроектированы этажерки из сборных железобетонных конструкций.

Монтаж конструкций покрытия корпуса ППР предусмотрен методом конвейерной сборки (рис. 114). Для этого предусматривались посты (стоянки) конвейерной линии, на которых производились сборка структурной плиты, монтаж технологического оборудования и сантехнических трубопроводов (между нижними и верхними поясами структуры), укладка кровельного настила и утеплителя (табл. 136).

В результате оценки вариантов в качестве основного монтажного механизма выбран башенный кран БК-300. Для производства работ на стоянках сборки блока применялись гусеничный кран МКГ-25, автокраны МК10-А и АК-75. Сборка и перемещение собираемого блока осуществлялись с помощью специальной тележки, перемещаемой по рельсовым путям электролебедкой.

Темп работы конвейера составлял 1 блок в смену.

Основные технико-экономические показатели по монтажу покрытия следующие:

Общая площадь покрытия, тыс. м²	20,2
Количество структурных блоков размером 12×18 м, шт.	90
Общий объем металлоконструкций, т	730
В том числе, т:	
структур	560
профилированного настила	142
Трудоемкость, чел.-смен	7763
В том числе по структуре, чел.-смен	4369
Выработка на одного рабочего в смену (на структурах), т	0,51

Трудозатраты на одну секцию составили:

	чел.-ч	%
Подготовительные и вспомогательные работы, включающие: устройство и разработку подкрановых (подтележечных) путей, установка временных опор под стенд, сборка металлоконструкций стенда	33,85	5,7
Укрупнительная сборка металлоконструкций структуры и профилированного настила	312,75	53
Монтаж технологических и сантехнических трубопроводов	139,55	23,7
Устройство кровли	81,5	13,8
Установка блока в проектное положение	22,40	3,8
Итого	590	100

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РЕШЕТЧАТЫЕ ПОКРЫТИЯ ТИПА «КИСЛОВОДСК» (ТУ 36-1658-77, ТУ 36-2023-77)

Конструктивные особенности. Покрытие состоит из стержней трубчатого сечения, на концах которых запрессованы шайбы с отверстиями, через которые пропущены болты с гайками (рис. 115). Основным узловым элементом является конвектор (пространственная фасонка) в виде полусфер, в которых имеются отверстия с резьбой. В эти отверстия ввинчиваются болты стержней, при этом гайки выполняют роль стопорных элементов, обеспечивающих передачу сжимающих усилий от узла к стержню. На верхний пояс укладывают прогоны, являющиеся опорой для кровельного настила.

Из отдельных стержневых элементов образуется секция (табл. 137) размером 30×30 м, опирающаяся на четыре опоры, ячейкой 18×18 м. Количество сблокированных секций не ограничивается.

В кровле возможно устройство зенитных фонарей. К нижнему поясу могут быть прикреплены пути подвесных кранов грузоподъемностью до 2 т (при высоте до низа конструкций 6; 7,2; 8,4 м).

Монтажные работы. Монтаж и приемку конструкций следует производить в соответствии с требованиями ВСН 356-75 по утвержденному проекту производства работ (ППР).

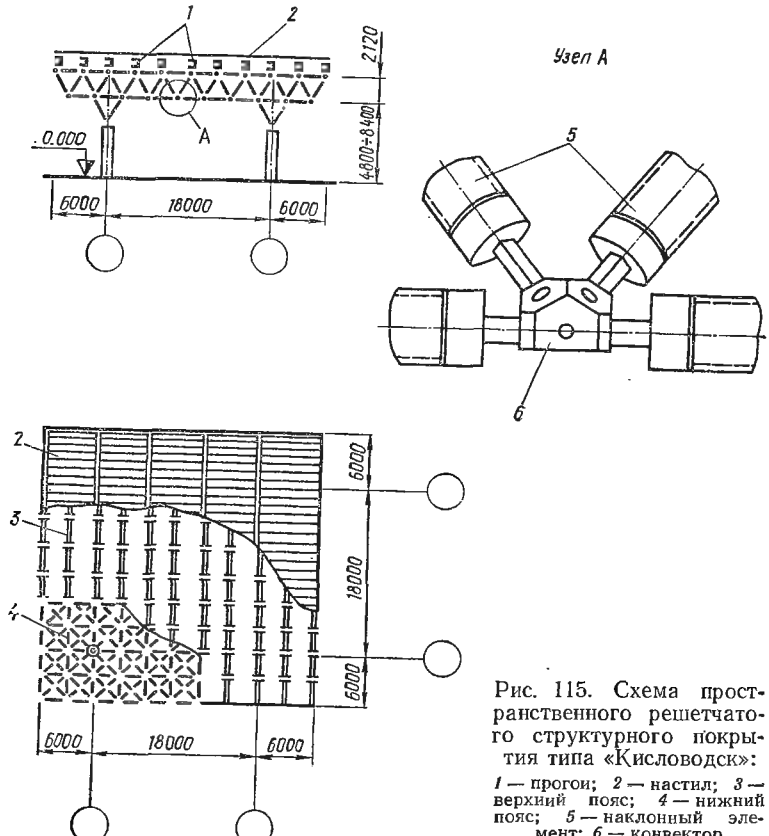


Рис. 115. Схема пространственного решетчатого структурного покрытия типа «Кисловодск»:

1 — прогон; *2* — настил; *3* — верхний пояс; *4* — нижний пояс; *5* — наклонный элемент; *6* — конвектор.

Требования по поставке и производство подготовительных работ, в основном, аналогичны требованиям к конструкциям типа «Берлин».

Укрупнение в блоки следует производить непосредственно у места подъема на выверенных временных опорах, установленных на уплотненном основании. Сначала собирают на четырех опорах среднюю часть размером 9×9 м, затем добавляют опоры и доводят блок до размера 21×21 м, после чего, используя первоначально установленные четыре опоры и добавив еще четыре, собирают периферийную часть, доводя блок до проектного размера (30×30 м).

В процессе сборки резьбовые отверстия необходимо предохранять от попадания в них песка и грязи. Торцовые поверхности шестигранных муфт стержней и отвечающие им поверхности узловых элементов необходимо протирать, а болты вывести из стержня до упора, очистить от консервирующей смазки и смазать железным суриком. Исправление резьбы в стержнях из труб диаметром 102 мм и более не допускается. Стержни подлежат замене в установленном порядке.

Общее направление сборки — от центра к краям. Последовательность: элементы нижнего пояса; наклонные с узловыми деталями верхнего пояса; элементы верхнего пояса. Балки путей подвесного транспорта, прогоны и настил устанавливают после сборки и выверки блока.

В проектное положение блок устанавливают после монтажа опор (при достижении раствором подливки 70% проектной прочности) и закрепления их проектными анкерными болтами (рис. 116). До установки блока на колонны людям находиться под поднимаемым блоком запрещается. Установленные

Таблица 137. **Номенклатура секций для I—IV ветровых районов с расчетной сейсмичностью до 7 баллов (серия 1.466—2) под расчетную вертикальную нагрузку 3,43 кПа**

Марка секции	Обозначение в чертежах КМД	Высота до низа конструкции, м	Масса, кг	В том числе	
				Колонны	Опорные плиты
СК-1	$\frac{351}{02}$ 02	4,8	21482	337	95
СК-2	$\frac{351}{02}$ 02—01	6,0	22293	427	
СК-3	$\frac{351}{02}$ 02—02	7,2	23098	688	128
СК-4	$\frac{351}{02}$ 02—03	8,4	23598	813	—
СК-6	$\frac{351}{02}$ 02—05	4,8	21894	387	—
СК-2	$\frac{351}{02}$ 02—01	6,0	22294	427	—
СК-3	$\frac{351}{02}$ 02—02	7,2	23098	688	—
СК-5	$\frac{351}{02}$ 02—04	8,4	24187	946	140

Примечания: 1. Масса профилированного стального настила и конструкций подвесных путей в таблице не учтена.
2. Масса структурной плиты покрытия составляет 16509, комплекта прогонов 3191 кг.

блоки покрытия до расстроповки должны быть закреплены в соответствии с проектом.

Разновидностью пространственных конструкций структурных покрытий типа «Кисловодск» и «ЦНИИСК» является конструкция покрытия выставочного павильона в Киеве размерами в плане 44×74 м, опирающаяся на шесть колонн и имеющая в продольном и поперечном направлении консольные свесы длиной по 5 м. Конструктивно — это пространственная двухслойная сетчатая система (рис. 117), в которой верхний и нижний пояса представляют собой сетки ячейками 2×2 м, соотносительно смещенные в двух направлениях на 1 м. Пояса соединены между собой трубчатыми раскосами. Каждый верхний узел связан с четырьмя смежными нижними узлами. Структура комплектуется из трех типов монтажных элементов: четырехгранная пирамида с основанием 2×2 м, высотой 1,84 м (наклонные стержни — трубчатые, а основание — из гнутых швеллеров); панель из тонколистовой стали толщиной 2 мм с ребрами из гнутых швеллеров; плоская решетчатая ферма высотой 2094 мм (обрамление краев структурной плиты). Структура опирается на колонну через балку, выполненную в виде креста, середина которого шарнирно соединена с колон-

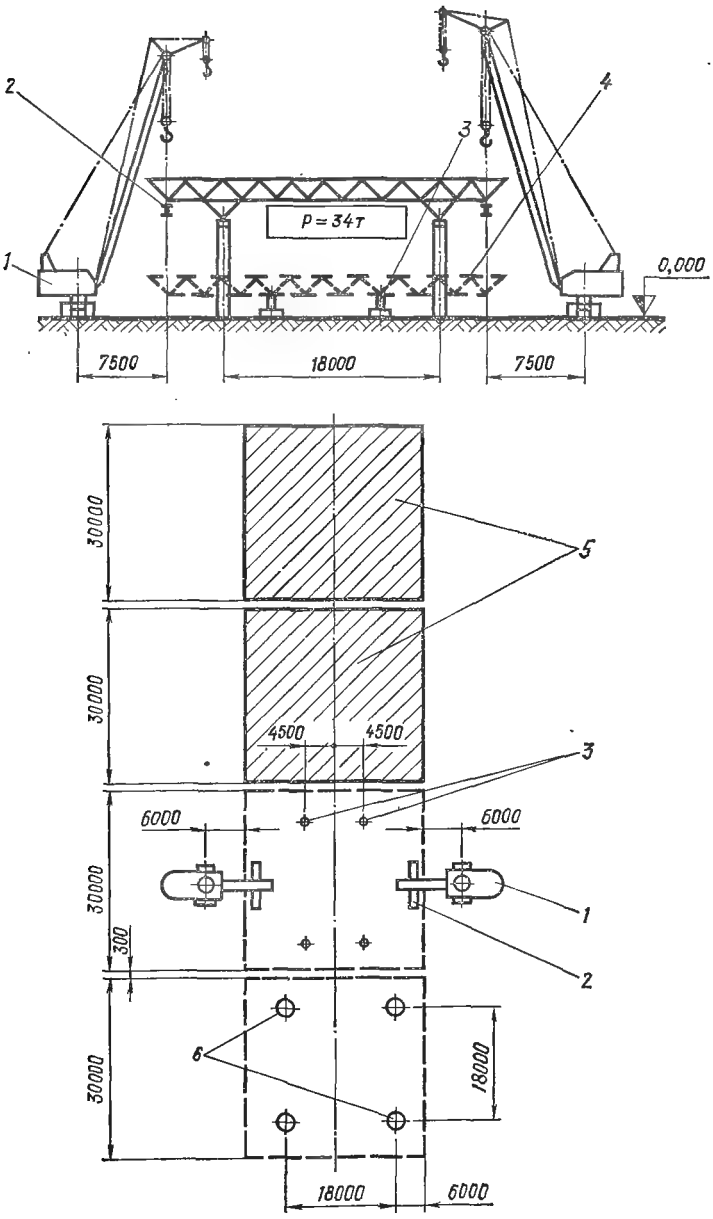


Рис. 116. Монтаж блоков покрытия двумя кранами:

1 — кран СКГ-40 со стрелой 20 м; *2* — траверса длиной 4,5 м; *3* — подставки; *4* — положение блока при укрупнительной сборке; *5* — смонтированные секции; *6* — стойки.

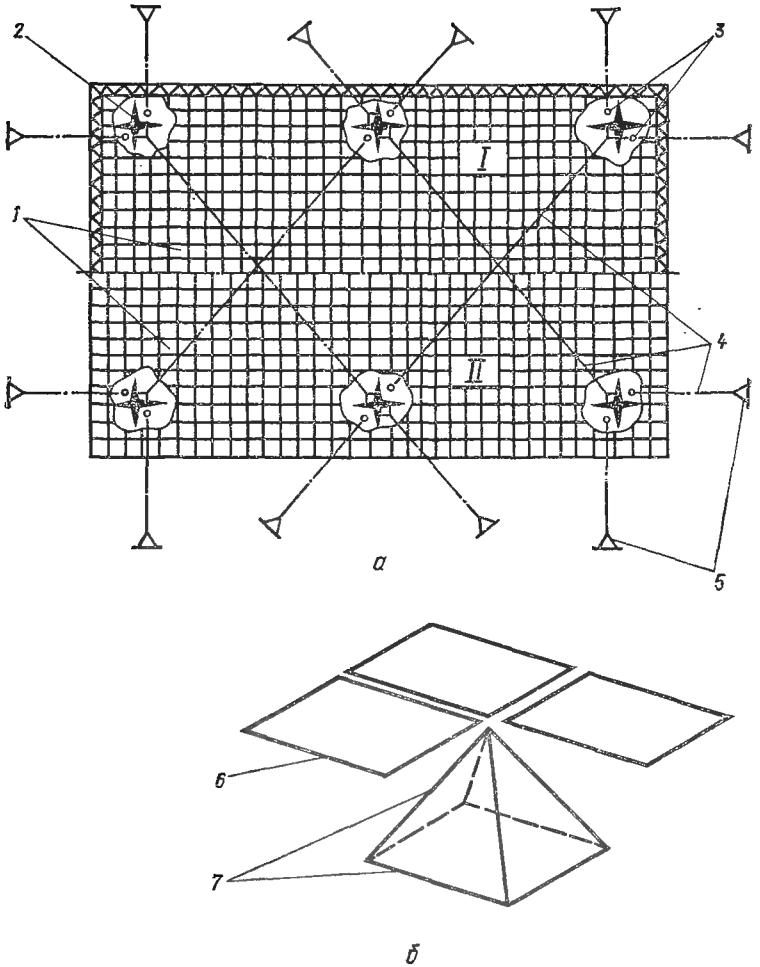


Рис. 117. Структурная плита покрытия павильона в Киеве:

а — план покрытия по нижнему I и верхнему II поясам с расположением системы гидроподъемников; *б* — фрагмент компоновки элементов структурной плиты; *1* — структурная плита; *2* — крестовые балки; *3* — стойки рамы гидроподъемника; *4* — расчалки из стального каната ∅ 19 мм; *5* — якори на усилие 50 кН; *6* — рамки верхнего пояса; *7* — пирамида, образующая нижний пояс структуры и раскосы.

иой, а на четыре конца балки опираются четыре смежных узла плиты. Колонна закреплена в фундаменте жестко.

Монтаж покрытия производился единым блоком размером 44×74 м и массой 300 т путем подъема с земли в проектное положение с помощью шести ленточных подъемников.

Была принята следующая технология производства работ: укрупнительная сборка плиты; установка подъемников; подъем структурной плиты; установка колонн; демонтаж подъемников.

Укрупнительную сборку начинали с установки в местах расположения

колонн крестовых балок и вели в направлении от средины к краям. Отдельные пирамидальные элементы собирали в укрупненные «картины» размером 4×8 м, для чего был сделан специальный стенд. Для сборки картин использовали автокраны АК-75 и МКА-10М. Готовые «картины» устанавливали на деревянные стеллажи высотой 1 м, расположенные шагом, соответствующим ширине блока. Оформление узлов нижнего пояса производили непосредственно с земли, а для прикрепления квадратных панелей верхнего пояса к вершинам пи-

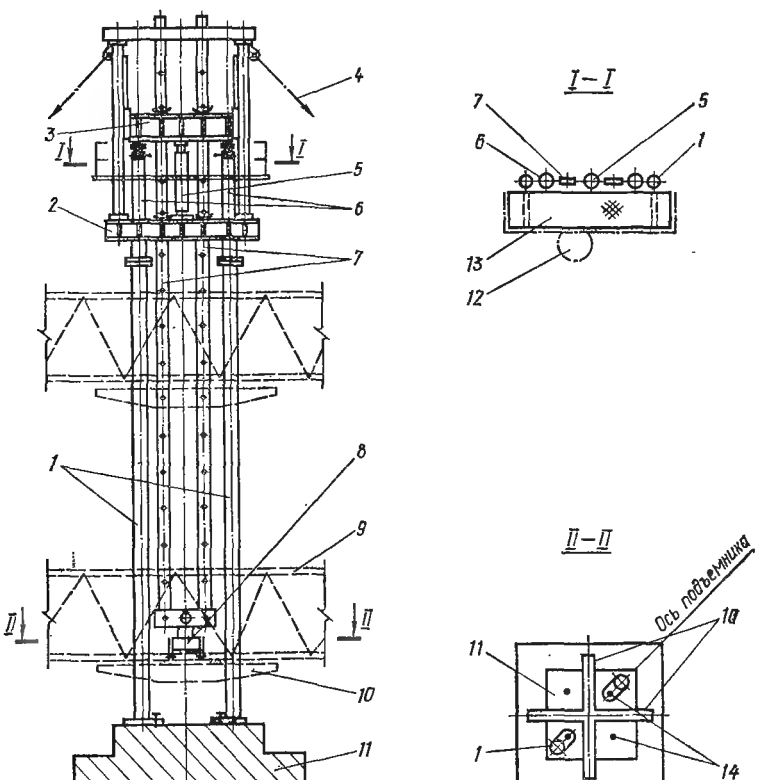


Рис. 118. Монтаж структурной плиты покрытия гидроподъемной установкой:

1 — стойки рамы подъемника; *2* — поддомкратная балка; *3* — наддомкратная балка; *4* — расчалки; *5* — гидродомкрат ГД-170/1120; *6* — страховочные винты; *7* — тяговые ленты с отверстиями; *8* — траверса; *9* — монтируемая структурная плита; *10* — балка крестовая; *11* — фундамент; *12* — лестница; *13* — подмость; *14* — анкерные болты.

рамидальных элементов использовали дощатый настил, укладываемый на нижние пояса структуры. После выверки конструкций плиты сваривали узлы.

Подъемная установка состояла из шести ленточных подъемников, опорой которых служили фундаменты постоянных колонн. Ленточные подъемники (рис. 118) включали в себя плоскую опорную раму, систему поддомкратных и наддомкратных балок, гидродомкрат ГД-170/1120, страховочные винтовые домкраты и тяговые ленты. Плоские рамы подъемников раскрепляли тросовыми расчалками. Их соединяли между собой и закрепляли к якорям, чем обеспечивалась общая устойчивость системы.

На поддомкратную балку (неподвижную) устанавливали гидродомкрат с ходом поршня 1000 мм. Наддомкратная балка (подвижная) передавала усилия от поршня домкрата на перфорированные ленты, на которых висела поднимаемая структурная плита.

Питание гидравлических домкратов ГД-170/1120 осуществлялось от насосных станций, сблокированных в одном месте. В связи с тем, что нагрузка на средние и крайние подъемники была различная (665 кН и 315 кН), в системе гидропитания было две группы с рабочим давлением соответственно 13 и 6,5 МПа.

Для предотвращения появления в элементах структуры усилий, превышающих расчетные, в гидросистеме применяли регуляторы давления ГРД-320.

Перед подъемом структуры испытали крайние и средние подъемники нагрузкой, превышающей на 15 и 10% расчетную, а магистрали прямого и обратного хода гидродомкратов — давлением, в 1,5 раза превышающим рабочее.

Подъем структурной плиты покрытия производили следующим образом. После выполнения каждого рабочего хода домкратов на 900 мм положение поднимаемого блока фиксировали «пальцами», вставляемыми в отверстия лент, совмещенных с поддомкратной балкой. Затем шток гидродомкрата вместе с наддомкратной балкой опускали в исходное положение, вставляли «пальцы» в ленту и наддомкратную балку и совершали очередной цикл подъема. Всего таких циклов было 9 в течение 7 ч. Продолжительность выполнения рабочего цикла зависела в основном от скорости подкрутки страховочных винтов.

Колонны устанавливали после того, как плита была поднята несколько выше проектного положения. Колонны поднимали краном, грузовой крюк которого был пропущен через проем в поднятой структурной плите. Закрепление колонны производили в два этапа. Сначала башмак колонны прикрепляли анкерными болтами к фундаменту, после чего на колонны опускали плиту и оформляли опорные узлы. Окончательное прикрепление колонн к фундаментам производили после того, как с них были сняты стойки подъемной установки, которые крепились к тем же фундаментам проектными анкерными болтами. Демонтировали подъемники по частям, используя этот же кран. Стойки подъемника извлекали через проемы в покрытии.

Описанный способ монтажа структурной плиты в полностью собранном виде имеет определенные преимущества и недостатки. К преимуществам следует отнести: сборку и сварку конструкций практически на земле, что несомненно улучшает качество работ, контроль и исключение поддерживающих устройств и приспособлений, а к недостаткам — сложность механической и гидравлической части в подъемниках, потребность в специальных гидродомкратах. Способ может быть осуществлен при условии, если покрытие сооружается на свободном месте, где по контуру покрытия могут перемещаться грузоподъемные механизмы.

На сборку конструкций, сварку, установку подъемников, монтаж гидросистем с наладкой и демонтаж было затрачено 1084 чел.-дн. Трудозатраты на 1 т металлоконструкций составили 3,64, а на 1 м² плана покрытия — 0,36 чел.-дня.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ВАРИАНТОВ МОНТАЖА

Монтаж сооружений в соответствии с требованием СНиП «Организационно-техническая подготовка к строительству» осуществляют по проектам производства работ (ППР). Состав и содержание ППР определены СН 47-74 «Инструкция по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ», а также ведомственными инструкциями, например, МСН 193-68 «Инструкция по составлению проектов производства работ по монтажу стальных и сборных железобетонных конструкций». В Минмонтажспецстрое УССР с 1976 г. действуют «Временные инструктивные указания по разработке проектов производства работ по монтажу стальных и сборных железобетонных конструкций» [1, 13, 14].

В случае необходимости (особые условия производства работ, впервые выполняемая конструкция или вид работ, сложность перевозки и др.) по специальному заданию заказчика в состав ППР включают вариантную часть.

Лучший вариант производства работ выбирают путем сравнения вариантов ППР между собой (сравнительная экономическая эффективность) или с проектом-эталоном, лучшим на аналогичные работы. В случае отсутствия проекта-эталона за базу для сравнения (исходный способ) принимают заменяемую технику.

Основными показателями для экономической оценки ППР являются: продолжительность строительства, себестоимость строительно-монтажных работ, стоимость основных и оборотных фондов строительных и монтажных организаций.

При сравнении вариантов ППР достаточно учесть изменение только тех статей затрат, которые зависят от принятых вариантов. Для каждого варианта ППР определяют приведенные затраты, после чего их сравнивают между собой. Оптимальный вариант производства монтажных работ определяется наименьшими приведенными затратами.

Расчет технико-экономических показателей производят согласно СН 509-78 [12]. Приведенные затраты определяют по формуле

$$З = С + Е_н К, \qquad (1)$$

где З — приведенные затраты по данному варианту на единицу строительно-монтажных работ (продукции, например, на 1 т монтируемых конструкций), руб.; С — себестоимость единицы строительно-монтажных работ (продукции), руб.; $Е_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений в строительстве, равный 0,12, кроме районов Крайнего Севера и приравненных к ним; К — суммарные капитальные вложения в производственные фонды на единицу продукции по данному варианту, руб.

Экономическую эффективность проекта производства работ с учетом выбранного варианта монтажа, отражающего вопросы применения новой технологии производства монтажных работ, новых методов механизации и автоматизации производственных процессов, совершенствования организации производства и труда определяют по разности приведенных затрат в расчете на сопоставимую единицу выполняемых работ, используя формулу

$$Э = А(С_1 + Е_н К_1) - (С_2 + Е_н К_2),$$

где Э — экономический эффект от разработки ППР, руб.; А — объем работ; $С_1$, $С_2$ — себестоимость работ соответственно по исходному способу (эталон) и ППР, руб.; $К_1$, $К_2$ — капиталовложения (стоимость основных производственных фондов, участвующих в монтаже) соответственно по исходному способу и ППР, руб.

Экономическую эффективность от сокращения сроков строительства (монтажных работ) определяют по формуле

$$Э_т = Э_у + Э_ф,$$

где $Э_т$ — экономический эффект, руб.; $Э_у$ — эффект от сокращения условно-постоянных расходов строительных организаций, руб.; $Э_ф$ — эффект в сфере эксплуатации от функционирования объекта за период досрочного ввода, руб.

Себестоимость определяют как сумму прямых затрат и накладных расходов по формуле: С=П+Н, где П — прямые затраты, слагающиеся из основной зарплаты рабочих, определяемой по ЕНиР на строительные работы или по расчетным нормам, если по новому варианту нет утвержденных норм; стоимости материалов, расходуемых при производстве монтажных и строительных работ, определяемых по производственным нормам их расхода и планово-расчетным ценам (стоимость материалов, расходуемых на изготовление приспособлений и устройств, осуществляемых за счет накладных расходов — в прямые затраты не включаются); расходов на эксплуатацию машин, механизмов и автотранспорта, определяемых расчетами потребного количества машино-часов работы или на основе производственных нормативов, а также по установленным ставкам арендной платы, планово-расчетным ценам и действующим тарифам на автоперевозки; прочих прямых затрат на перемещения

и вывозку грунта с территории строительства, на услуги собственного и стороннего автотранспорта при перевозках материалов с приобъектного склада; Н — накладные расходы, определяемые по действующим нормам и зависящие от сокращения продолжительности строительства, уменьшения затрат на основную заработную плату, снижения трудоемкости работ. Сокращение затрат на основную зарплату рабочих, учитываемую в прямых затратах, влечет за собой уменьшение накладных расходов в размере 15% от суммы сокращения затрат на основную зарплату, а сокращение трудоемкости строительных и монтажных работ приводит к экономии накладных расходов, исчисляемых на основе отчетных данных или по нормативам, устанавливаемым министерствами и ведомствами. При отсутствии этих данных можно пользоваться нормативами в размере 0,6 руб. на 1 чел.-день.

Экономический эффект от сокращения условно-постоянных накладных расходов

$$Э_у = Н\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right), \qquad (2)$$

где T_1 и T_2 — продолжительность строительства по сравниваемым вариантам (соответственно бо́льшая и меньшая продолжительность строительства или этапа работ), год.

В случае, если при сооружении объекта сокращено время выполнения отдельного вида работ или этапов, что способствует сокращению продолжительности строительства объекта в целом, то рассматривается эффект, относящийся к доле стоимости указанных работ в общей стоимости строительства объекта.

При усредненных расчетах условно-постоянная часть расходов может приниматься по статьям «Затраты на материалы» — 1%; «Затраты на эксплуатацию машин и механизмов» — 15%; «Накладные расходы» — 50%;

Н — накладные расходы

$$Н = \frac{С_м Н_р}{1{,}06\,(100 + Н_р)},$$

где $С_м$ — сметная стоимость строительно-монтажных работ, включая стоимость конструктивных элементов и материалов по объекту, продолжительность которого сокращается, руб.; $Н_р$ — норма накладных расходов, %; 1,06 — коэффициент, учитывающий размер плановых накоплений в составе $С_м$.

Экономический эффект от выпуска дополнительной продукции за счет сокращения продолжительности строительства, вследствие чего происходит ранний ввод мощностей, определяют по формуле

$$Э_ф = Е_и Ф\,(T_1 - T_2),$$

где Ф — стоимость основных фондов, досрочно введенных в действие, руб.

Капитальные вложения определяют для каждого из вариантов с учетом затрат на производственные здания и сооружения, силовые машины и оборудование, рабочие машины и оборудование, инструмент и производственный инвентарь, транспортные средства, прочие основные фонды.

Согласно СНиП, ч. IV, т. I инвентарно-расчетная стоимость машины устанавливается прибавлением к оптовой цене по прейскуранту средней величины снабженческо-сбытовых расходов и затрат на транспортирование машин от завода-изготовителя на базу механизации. Затраты на изготовление специального оборудования и на модернизацию оборудования определяют по сметам или фактическим затратам, затраты на механизацию — на основе количества потребных машино-смен и себестоимости машино-смен.

Для определения количества машино-смен $М_{см}$, необходимых для выполнения монтажных работ по вариантам, пользуются формулами

$$М_{см} = \frac{З_{тр}}{РТК_{исп}} \qquad (3)$$

и

$$М_{см} = \frac{О_р}{П_э}, \qquad (4)$$

где $З_{тр}$ — затраты труда, определенные по ЕНиР, ВНиР и др., чел.-ч; Р — средний состав звена рабочих; Т — продолжительность рабочей смены, ч; $К_{исп}$ — коэффициент использования машин во времени; $О_р$ — объем работ в физическом выражении; $П_э$ — эксплуатационная производительность механизма $П_{эк}=(60\ Т_с/Т_ц)\ ВК_{исп}$, где $Т_с$ и $Т_ц$ — продолжительность соответственно смены и рабочего цикла (план), ч; В — масса монтажной единицы, т.

Себестоимость машино-смены строительной машины определяется по формуле

$$С_{мс} = \frac{С_е}{Т_о} + \frac{Г_{ам} + С_{п.п}}{Т_{г.см}} + С_э + С_к,$$

где $С_е$ — единовременные расходы на перебазировку механизма с объекта на объект; $Т_о$ — количество смен работы крана на площадке без перебазировки; $Г_{ам}$ — годовые амортизационные отчисления; $С_{п.п}$ — годовые затраты на содержание и ремонт подкрановых путей; $Т_{г.см}$ — количество смен работы крана в году в соответствии с установленным режимом работы; $С_э$ — сменные эксплуатационные затраты, исчисленные применительно к принятой сменной производительности машин; $С_к$ — косвенные расходы (накладные расходы управлений и трестов механизации).

Одним из показателей целесообразности внедрения (реализации) проекта производства работ по монтажу конкретного сооружения (объекта) является выполнение условия

$$\frac{С_1 - С_2}{К_1 - К_2} \geqslant 0{,}12,$$

где $С_1$ и $С_2$ — себестоимость монтажных работ соответственно до внедрения (базовый или исходный вариант) и после внедрения, т. е. по принимаемому варианту; $К_1$ и $К_2$ — удельные капиталовложения в основные и оборотные фонды или стоимость отвлекаемых основных производственных фондов и оборотных средств, соответственно до и после внедрения.

В сумму капитальных вложений по сравниваемым вариантам включаются: стоимость строительно-монтажных машин и подъемно-транспортных устройств; производственный инвентарь (технологической оснастки) стоимостью единицы более 50 р. и сроком службы более одного года; транспортные расходы по доставке этого оборудования; затраты на проектно-конструкторские и опытные работы, связанные непосредственно с внедрением сравниваемых вариантов.

Стоимость отвлекаемых на строительство данного объекта основных производственных фондов и оборотных средств (удельных капитальных вложений)

$$К_{уд} = \frac{М_{см}Ц}{Т_{норм.м}}, \qquad (5)$$

где $М_{см}$ — количество машино-смен работы механизмов; Ц — инвентарно-расчетная стоимость основных фондов; $Т_{норм.м}$ — нормативное количество смен работы механизма в году.

Производительность труда определяют выработкой на одного работника на строительно-монтажных работах и в подсобных производствах.

Производительность исчисляется: в денежном выражении — количество рублей на одного рабочего

$$П_р = \frac{С_{с.-м.р}}{Р_{с.р}},$$

где $С_{с.-м.р}$ — сметная стоимость строительно-монтажных работ; $Р_{с.р}$ — среднесписочное количество работников на строительно-монтажных работах и в подсобных производствах, и в физическом выражении — количество тонн на од-

ного рабочего в смену (на монтаже металлоконструкций) или м³ на одного рабочего в смену (на монтаже железобетонных конструкций).

Прирост производительности труда в процентах при внедрении ППР определяется по формуле

$$П = \frac{100 + Э_т}{100 - Э_т}, \qquad (6)$$

где $Э_т$ — экономия затрат труда в процентах в сравнении с вариантом, принятым за базисный.

Результаты расчетов сводят в таблицу (табл. 138).

Данные для определения стоимости машино-смен работы кранов, планово-расчетные цены на монтаж и демонтаж строительных машин, на транспортировку их, а также характеристики башенных кранов и подкрановых путей приведены в табл. 139—148.

Таблица 138. **Сводные технико-экономические показатели сравнения вариантов проектов по монтажу сооружений [22]**

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Варианты монтажа*		Обоснование
			I	II	
	А. Прямые затраты				
1	Основная зарплата	руб.			По производственным калькуляциям, ЕНиР, расчетам
2	Материалы	„			По действующим ценам, прейскурантам, сметам
3	Механизация	„			По планово-расчетным ценам, по формулам 3, 4
4	Прочие затраты	„			При наличии
	Итого...	„			По строкам 1+2+3+4
	Б. Накладные расходы				
5	Зависящие от зарплаты	руб.			По строке 1×0,15
6	Зависящие от трудоемкости	„			По строке 8×0,6
7	Зависящие от продолжительности работ	„			По формуле 2
	Итого	„			По строкам 5+6+7
	Всего (себестоимость)	„			По разделам А+Б
8	Затраты труда	чел.-день			По производственным калькуляциям, ЕНиР, ТНиР, расчетам
9	Удельные капитальные вложения	руб.			По формуле 5
10	Приведенные затраты	„			По формуле 1
11	Экономический эффект	„			Разница приведенных затрат по строке 10
12	Рост производительности труда выбранного варианта по сравнению с другим или базовым вариантом	—			По формуле 6

* Заполняется при расчете.

Таблица 139. **Планово-расчетные цены за 1 маш.-смену строительно-монтажных машин и механизмов [22]**

№ п/п	Наименование и марка машин	Грузоподъемность, т	Расчетная цена за 1 маш.-смену, руб.
	Автомобильные краны		
1	ЛАЗ-690А	3	25—21
2	К-51, К-52, ДЭК-51	5	29—82
3	АК-75, АК-758, К-53	7	33—80
4	МКА-10М, К-104	10	38—04
5	МКА-16, К-162	16	41—00
6	«Като»	30	128—11
7	КС-6471	40	140—71
8	«Като»	75	235—51
9	«Либхер»	250	754—18
	Краны на пневмоколесном ходу		
10	МКТ-6-45	6	75—27
11	К-102, К-106	10	37—30
12	К-123, К-124	12	34—63
13	МКП-16, К-161	16	49—98
14	МКП-20	20	57—40
15	МКП-25	25	57—70
16	К-252	25	67—07
17	МКП-40	40	84—91
18	К-401	40	59—17
19	КС-7361, КС-7362, К-631	63	81—41
20	КС-8362	100	114—82
	Краны на специальном шасси		
21	МКШ-16	16	83—24
22	МКШ-25	25	97—33
23	«Коулз»	30	95—60
	Краны на гусеничном ходу дизельные		
24	Э-801, Э-10011, Э-1004	15	36—48
25	Э-1252, Э-1254, Э-1258	20	44—42
26	Э-2005	50	76—46
27	Э-2508	60	82—68
	То же с дизельно-электрическим приводом		
28	МКГ-6,3	6,3	33—67
29	МКГ-10	10	35—38
30	МКГ-25	25	47—46
31	СКГ-30, СКГ-30-10, УБ-162	30	52—43
32	СКГ-40, СКГ-40/10	40	57—18
33	МКГ-40	40	—
34	СКГ-63	63	89—44
35	СКГ-100, МКГ-100	100	93—89
36	СКГ-160	160	138—24
	Краны башенные		
37	БКСМ-5-5А, БКСМ-5-5Б	3—5	20—99
38	БК-300, БК-406БМ	25	38—69

№ п/п	Наименование и марка машин	Грузоподъемность, т	Расчетная цена за 1 маш.-смену, руб.
39	БК-1000, КБ-1000	50	87—86
40	МСК-3-5-20, МСК-5-20	3—5	19—28
41	МСК-8-20	8	21—72
42	МСК-10-20	10	—
	Краны козловые		
43	К-184, К-183, К-182	18	25—96
44	К-305, К-302	30	30—04
45	КМК-120	120	38—18
46	КМК-200	200	109—51
	Краны на рельсовом ходу		
47	СКР-1500 (I, II, III исполнения)	40—60	97—86
48	СКР-2200	75	178—41
49	СКР-2600	130	189—97
50	Кран на железнодорожном ходу СК-25	25	40—19
51	То же СК-30	30	40—49
	Краны-трубоукладчики		
52	На базе тракторов: С-80, С-100 (ТЛ-3, ТЛ-4)	—	29—06
53	Т-100М (Т-12-24)	—	34—25
54	Д-804 (Т-35-60)	—	79—05
55	Кран монтажный на базе трактора С-80 или С-100 (МК-1, МКТ-6, Азинмаш-5)	—	88—28
56	КМТ-6,3	6,3	57—04
57	ТГ-123	12,5	67—17
	Прочие машины и механизмы		
58	Бульдозер на базе трактора Т-180	—	58—25
	Тракторы:		
59	Т-100М	—	31—37
60	Т-140, Т-180	—	47—31
61	К-700 и К-701 мощностью 161,81—220,65 кВт	—	62—39
62	ДЭТ-250 мощностью 220,65 кВт	—	75—39
63	Т-330 мощностью 242,71 кВт	—	99—56
	Телескопические вышки:		
64	ВИ-15	—	20—02
65	ВИ-23	—	25—58
	Электростанции передвижные:		
66	ЖЭС-30	—	20—18
67	ПЭС-100	—	36—41
68	Электросварочный агрегат АСБ-300	—	14—98
69	Компрессор передвижной с электродвигателями подачей 5 м³/мин ЗИФ-51	—	12—54
70	То же с дизельным двигателем подачей 9 м³/мин ДК-9, КС-9	—	20—99

Таблица 140. **Планово-расчетные цены, руб., на монтаж и демонтаж кранов [22]**

№ п/п	Наименование и марка кранов	Цена за монтаж		Цена за демонтаж	
		всего	в том числе зарплата	всего	в том числе зарплата
	Башенные краны				
1	БКСМ-5-5А, БКСМ-5-5Б	363	244	188	137
2	МСК8-5/20	65	45	49	34
3	МСК5-20	92	66	69	52
4	МСК8-20	99	72	74	56
5	БК-300	2695	1748	1717	1074
6	БК-406	3636	2368	2902	2010
7	БК-1000	4410	2831	3538	2407
	Краны козловые				
8	К-305	818	575	494	361
9	К-184	962	688	570	429
10	КМК-120	1272	944	744	583
11	К-182	850	601	511	377
12	К-183	968	696	576	434
13	КМК-200	3813	1966	2928	1607
	Стреловые краны на рельсовом ходу				
14	СКР-1500 (I, II, III исполнение)	5391	2811	2459	1236
15	СКР-2200	5709	2987	2739	1374
16	СКР-2600	8107	4001	3596	1794

Таблица 141. **Планово-расчетные цены, руб., на монтаж, демонтаж и транспортировку тяжелых гусеничных кранов [22]**

Марка крана	Грузоподъемность, т	Цена за разгрузку и монтаж		Цена за демонтаж и погрузку		Цена за транспортировку за каждый километр расстояния перевозки	
		всего	в том числе зарплата	всего	в том числе зарплата	всего	в том числе зарплата
СКГ-25, СКГ-30, СКГ-30/10, СКГ-40, СКГ-40/10	30÷40	454	171	434	162	5—30	1—70
СКГ-63	63	849	342	797	318	7—95	2—55
СКГ-100, МКГ-100	100	1002	411	945	384	13—25	4—25
СКГ-160	160	2352	1035	2172	955	3—27	0—85

Таблица 142. **Планово-расчетные цены, руб., на транспортировку кранов автотранспортом [22]**

№ п/п	Наименование и марка кранов	Цена за одну перевозку на расстояние, км			
		10		за 1 км свыше 10 км	
		всего	в том числе зарплата	всего	в том числе зарплата
	Башенные краны				
1	БКСМ-5-5А	114—88	52—41	2—87	1—08
2	БКСМ-5-5Б	116—00	52—93	2—90	1—09
3	МСК-8-5/20	53—75	25—87	1—09	0—65
4	МСК-5-20	67—98	31—09	1—32	0—79
5	МСК-8-20	67—00	34—22	2—08	0—87
6	БК-300	298—00	126—65	8—94	2—98
7	БК-406	472—00	200—60	14—16	4—72
	Краны козловые				
8	К-305	96—00	43—80	2—40	0—90
9	К-184	128—80	58—77	3—22	1—21
10	К-182	110—56	50—44	2—76	1—04
11	К-183	130—56	59—57	3—26	1—22
12	К-302	96—00	43—80	2—40	0—90
13	КМК-120	228—60	97—16	8—01	2—86
14	КМК-200	589—55	207—76	18—34	5—30
	Стреловые краны на рельсовом ходу				
15	СКР-1500 (I, II, III исполнение)	875—80	308—63	27—25	7—88
16	СКР-2200	978—88	344—96	30—45	8—80
17	СКР-2600	1293—12	455—70	40—23	11—62

Таблица 143. **Планово-расчетные цены, руб., на транспортировку строительно-монтажных машин и механизмов без разборки (или с частичной разборкой) на трайлерах или буксирах [22]**

№ п/п	Наименование и марка перевозимых машин	Цена за одну перевозку на расстояние, км			
		10		за 1 км свыше 10 км	
		всего	в том числе зарплата	всего	в том числе зарплата
	Краны на пневмоколесном ходу				
1	К-106, К-102, К-124, К-123, МКП-16, К-161	7—20	2—85	0—55	0—20
2	МКП-20, МКП-25, К-252, МКП-40, МКП-30-5, К-401	13—00	4—00	0—85	0—20
3	КС-7361, КС-7362, К-631	41—82	10—40	—	—
4	КС-8362	57—85	14—40	—	—
	Краны на гусеничном ходу				
5	Э-801, Э-1004, Э-10011, Э-1258, Э-1254	26—50	12—50	1—40	0—50
6	Э-2001, Э-2006, Э-2508	81—00	30—00	2—65	0—85

№ п/п	Наименование и марка перевозимых машин	Цена за одну перевозку на расстояние, км			
		10		за 1 км свыше 10 км	
		всего	в том числе зарплата	всего	в том числе зарплата
7	МКГ-6,3, МКГ-10	22—50	11—00	1—15	0—40
8	МКГ-25, СКГ-25	40—50	19—50	2—65	0—85
9	СКГ-40, СКГ-40/10	81—00	30—00	2—65	0—85
10	СКГ-30, СКГ-30/10, УБ-162	60—00	23—00	2—65	0—85
11	СКГ-160	244—72	78—50	3—27	0—85
	Краны-трубоукладчики				
12	ТЛ-3, ТЛ-4, Т-12-24	18—00	8—00	1—15	0—40
13	Т-35-60	26—50	12—50	1—40	0—50
14	ТГ-123	32—13	12—50	1—73	0—50
	Краны монтажные на базе трактора				
15	С-100, МК-1, Т-100М, МКТ-6, «Азинмаш-5»	18—00	8—00	1—15	0—40
16	КМТ-6,3	22—25	8—60	1—42	0—10
	Тракторы гусеничные				
17	Т-40	14—50	7—00	0—85	0—35
18	Т-140	18—00	8—00	1—15	0—40
	Электростанции передвижные				
19	ЖЭС-30, ДЭС-50, ПЭС-100	4—20	1—80	0—30	0—10
	Электросварочный агрегат				
20	АСБ-300	2—20	1—20	0—06	0—02
	Компрессоры передвижные				
21	ЗИФ-51, ЗИФ-55, КС-9, ДК-9	4—20	1—80	0—30	0—10

Таблица 144. **Характеристика башенных кранов и подкрановых путей**

№ п/п	Марка крана	Грузоподъемность, т	Масса крана с балластом, т	Нагрузка от ходового колеса крана, $H \cdot 10^4$	Ширина колеи, мм
1	БК-1425	75	393	29,3	1600
2	БК-1000	50	200	31,2	10000
3	БК-406	25	237	22	9500
4	БК-300	25	149	27,3	7500
5	МСК-8-20	8	57,7	8	5500
6	МСК-5-20	5	53	7,2	4500
7	БКСМ-5-5А	5	73	24,2	4500

Таблица 145. **Стоимость устройства и разборки одного звена (длиной 12,5 м) подкрановых путей башенных кранов [22]**

Тип рельсов	Нагрузка от ходового колеса, кН	Длина шпал, мм	Ширина колеи, мм	Стоимость, руб				
				всего	в том числе			
					зарплата (по ЕНиР §35, табл. 35-14, 35-15, 35-16)		эксплуатация машин	безвозвратно расходуемых материалов
					устройство пути	разборка пути		
Звено массой 2,8 т подкранового пути шириной до 5000 мм								
Р-43	22	1350	4000	151—62	21—60	4—82	11—30	113—90
Р-33	15	1350	2400—3500	149—00	19—88	4—82	11—30	113—90
Р-33	15	1350	3600—5000	152—65	22—63	4—82	11—30	113—90
Р-50	25	1350	3750	155—13	25—11	4—82	11—30	113—90
Р-50	25	1350	4000—5000	157—93	27—91	4—82	11—30	113—90
Звено массой 4,3 т подкранового пути шириной более 5000 мм								
Р-50	25	1350	6000	180—72	27—90	4—82	11—30	136—70
Р-65	27	1350	6000	185—27	30—77	6—50	11—30	136—70
Р-65	37	2700	8000	189—21	34—71	6—50	11—30	136—70

Примечания: 1. При определении стоимости следует использовать характеристики и данные табл. 144.

2. Заземление пути входит в состав работ по устройству пути.

3. При применении для устройства путей балласта в виде щебня расценки следует умножать на 1,1, а в случае применения песка — на 0,9; при устройстве закруглений пути расценки нужно умножать на 1,2.

4. При разборке путей в зимних условиях расценки следует умножать на коэффициент, зависящий от вида материала балласта: при песчаном основании — 1,6; при щебеночно-гравийном — 2,2.

Таблица 146. **Стоимость устройства монтажных якорей, руб.** [22]

Грузоподъемность якоря, т	Деревоземляные	Заглубленные бетонные	Полузаглубленные бетонные	Наземные с упорными стенками	Стальные свайные
3	20,56	—	—	—	8,2
5	29,65	—	—	15,33	10,32
10	49,7	—	—	23,84	13,46
15	64,86	157,89	24,7	23,84	—
20	80,76	202,5	18,09	35,75	—
30	125,62	207,12	21,81	49,47	—
40	171,85	286,25	27,63	65,95	—
50	218,03	293,39	33,53	89,99	—

Примечания: 1. Данные о стоимости деревоземляных и наземных якорей приведены по материалам Гипрохиммонтажа, о стоимости остальных якорей — Уфимского сектора ВНИИМонтажспецстроя.

2. Стоимость заглубленных якорей принята с учетом механизированной разработки грунта, полузаглубленных — ручной.

Таблица 147. **Ориентировочное количество подъемов в смену одним краном при монтаже конструкций промышленных зданий и сооружений [31]**

№ п/п	Конструкция	Масса, т, до	Количество подъемов элементов конструкций	
			стальных	сборных железобетонных
1	Колонна	3	8,7	9
		15	4,7	5
		30	2,8	3
2	Подкрановая балка	5	7,5	8
		15	4,1	5
		30	2,5	3
3	Стропильная или подстропильная ферма	5	6,9	—
		10	4,9	—
		20	—	4
4	Тормозной настил, вспомогательная ферма, связь по нижним поясам подкрановых балок или связи покрытия	—	10	—
5	Плита покрытия размерами:			
	1,5×6,0	—	—	20
	3×12	—	—	10
6	Фонарь:			
	целиком	—	4	—
	россыпью	—	10	—
7	Фахверк	—	6	—
8	Стеновой переплет блоками или панель длиной, м:			
	6	—	5	—
	12	—	3	—
9	Подкрановые рельсы или крановый тупик	—	7	—
10	Лестница или площадка	—	6,5	—
11	Стеновая панель длиной, м:			
	6	—	—	6
	12	—	—	4

Таблица 148. **Показатели среднего количества смен работы основных подъемно-транспортных машин в году (территориальный район 3) [27]**

№ п/п	Наименование машин	Количество смен работы в году
1	Автопогрузчики	350
2	Краны автомобильные	370
	Краны башенные грузоподъемностью, т:	
3	до 2	300
4	до 5	420
5	до 10	450

Окончание табл. 148

№ п/п	Наименование машин	Количество смен работы в году
6	более 10 (на промышленном строительстве)	450
7	более 10 (на гидротехническом строительстве)	700
8	Краны козловые на промышленном строительстве	400
9	То же на гидротехническом строительстве	700
10	Краны стреловые на гусеничном, железнодорожном и пневмоколесном ходу на промышленном и жилищно-гражданском строительстве	450
11	То же на гидротехническом строительстве	700
12	То же на транспортном строительстве	375
13	Краны мачтово-стреловые на промышленном строительстве	250
14	То же на гидротехническом строительстве	400

ПРИЛОЖЕНИЕ

Соотношение между единицами, приведенными в справочнике

Величина	В старых системах единиц		В международной системе единиц (СИ)		Соотношение единиц
	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	
Сила (усилие); нагрузка	килограмм-сила, тонна-сила	кгс, тс	Ньютон	Н	1 кгс~9,8Н~10Н; 1 тс~9,8·10³Н~9,8кН~~10кН
Механическое напряжение	килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм²	Паскаль	Па	1 кгс/мм²~9,8·10⁶Па~~9,8МПа~10МПа
	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см²			1 кгс/см²~9,8·10⁴Па~~0,098МПа~0,1МПа
Давление	кнлограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см²	Паскаль	Па	1 кгс/см²~9,8·10⁴Па~~0,098МПа~0,1МПа
	миллиметр водяного столба	мм вод. ст.			1 мм вод. ст.~9,8Па~~10Па
	миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.			1 мм рт. ст.~133,3Па

Окончание

Величина	В старых системах единиц		В международной системе единиц (СИ)		Соотношние единиц
	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	
Момент силы	килограмм-сила-метр	кгс·м	Ньютон·метр	Н·м	1 кгс·м~9,8Н·м~~10Нм
Работа, энергия	кнлограмм-сила-метр	кгс·м	Джоуль	Дж	1 кгс·м~9,8Дж~10Дж
Ударная вязкость	килограмм-сила-метр на квадратный сантиметр	кгс·м/см^2	Джоуль на квадратный метр	Дж/м^2	1 кгс·м/см^2~9,8кДж/м^2
Мощность	лошадиная сила	л. с.	Ватт	Вт	1 л. с.~735,5Вт
Момент инерции	сантиметр в четвертой степени	см^4	метр в четвертой степени	м^4	1 см^4=10^{-8}·м^4
Момент сопротивления	кубический сантиметр	см^3	кубический метр	м^3	1 см^3=10^{-6}·м^3
Частота вращения	обороты в минуту	об/мин	секунда в минус первой степени	с$^{-1}$	1 об/мин=$\frac{1}{60}$=0,016С$^{-1}$; 1 об/с=С$^{-1}$
Производительность (подача)	кубический метр в минуту	м^3/мин	метр кубический в секунду	м^3/с	1 м^3/мин=$\frac{1}{60}$м^3/с

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные инструктивные указания по разработке проектов производства работ по монтажу стальных и сборных железобетонных конструкций УкрПТКИмонтажспецстрой. Киев, 1976.

2. Гайдамак К. М., Тыркин Б. А. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности. М.: Высшая школа, 1978.

3. Дикун В. Н., Соловьев О. Н. и др. Сварка монтажных соединений резервуаров емкостью 50 000 м³.— Монтажные и специальные работы в строительстве, 1978, № 5, с. 8—9.

4. Дыховичный Ю. А. Конструирование и расчет жилых и общественных зданий повышенной этажности. М.: Стройиздат, 1970.

5. Дропов В. Г., Зеленский В С., Штелинг Г. А. Бащенные краны н подъемники для строительства зданий повышенной этажности. М.: Стройиздат, 1972.

6. Изготовление стальных конструкций / Под ред. В. М. Краснова. М.: Стройиздат, 1978.

7. Инструкция по монтажу конструкций *одноэтажных* производственных зданий со структурным покрытием из труб (типа Киреевск). ВСН 355-75/ММСС СССР. М., 1977.

8. Инструкция по монтажу конструкций одноэтажных промышленных зданий со структурным покрытием из прокатных профилей (типа ЦНИИСК). ВСН 360-75/ММСС СССР. М., 1976.

9. Инструкция по монтажу одноэтажных промышленных зданий с пространственным решетчатым покрытием из труб (типа Кисловодск). ВСН 356-75/ММСС СССР. М., 1976.

10. Инструкция по монтажу одноэтажных промышленных зданий с каркасом из рамных конструкций коробчатого сечения (типа «Плауэн»). ВСН 375-75/ММСС СССР. М., 1976.

11. Инструкция по монтажу стальных конструкций промышленных зданий и сооружений. МСН 246-70/ММСС СССР. М., ЦБТИ, 1971.

12. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. СН 509-78. М.: Стройиздат, 1978.

13. Инструкция по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ. СН 47-74. М.: Стройиздат, 1975.

14. Инструкция по составлению проектов производства работ по монтажу стальных и сборных железобетонных конструкций. МСН 193-68. М.: ЦБНТИ, 1969.

15. Номенклатура металлических конструкций и изделий заводов Главспецлегконструкции на 1979—1980 гг. М.: 1978.

16. Лессиг Е. Н., Лилеев А. Ф., Соколов А. Г. Листовые металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1970.

17. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: Стройиздат, 1977.

18. Монтаж технологического оборудования. М.: Стройиздат, 1976, т. I.
19. Номенклатура изделий заводов ГлавУПП на 1977—1979 гг. М.: ЦБНТИ ММСС СССР, 1978.
20. Олейник А. К. Монтаж шаровых резервуаров емкостью 606 м³.— В кн.: Изготовление металлических и монтаж строительных конструкций: Научн.-техн. реф. сб., 1979, вып. 3, с. 11—12.
21. Оснастка и приспособления для такелажных работ. Номенклатурный справочник. М.: ЦБНТИ, 1970, т. 6.
22. Рекомендации по экономической оценке проектов производства работ и мероприятий по новой технике/УкрПТКИмонтажспецстрой. Киев, 1976.
23. Сахновский М. М., Справочник конструктора строительных сварных конструкций. Промінь: Днепропетровск, 1975.
24. Сварка и резка в промышленном строительстве / Под ред. Б. Д. Малышева. М.: Стройиздат, 1977.
25. Соколов А. Г. Металлические конструкции антенных устройств. М.: Стройиздат, 1971.
26. Справочник по специальным работам. Монтаж стальных и сборных железобетонных конструкций /Под ред. Б. А. Хохлова. М.: Стройиздат, 1970.
27. Справочник по сметному делу в строительстве. М.: Стройиздат, 1977.
28. Такелажные средства. Номенклатурный справочник. М.: ЦБНТИ, 1974, т. 8.
29. Трофимов А. П. Землеройные и подъемно-транспортные машины. Киев, Будівельник, 1978.
30. Титов И. В., Дик А. Г. Поточный метод монтажа шаровых резервуаров.— Монтажные и специальные работы в строительстве, 1979, № 5, с. 6—7.
31. Указания по определению технико-экономических показателей методов монтажа в проектах производства монтажных работ / ПИ Промстальконструкция. Киев, 1978.
32. Чаныщев Р. О. Малая механизация в строительстве. Киев: Будівельник, 1978.
33. Шинкарев Б. М., Выговский Н. В., Шкуратовский Г. Д. Сварка изотермических резервуаров.— Монтажные и специальные работы в строительстве, 1978, № 2, с. 9—11.
34. Шинкарев Б. М., Сугтель А. М. Сварка строительных металлоконструкций порошковой проволокой. Киев: Будівельник, 1978.
35. Шкуратовский Г. Д. Сварочные работы при монтаже строительных конструкций. Киев: Будівельник, 1977.
36. Хромец Ю. Н. Промышленные здания из легких конструкций. М.: Стройиздат, 1978.

ОГЛАВЛЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ 3

Сталь, применяемая для изготовления конструкций специальных сооружений 3
Сталь углеродистая обыкновенного качества 3
Углеродистая качественная сталь 3
Низколегированная сталь 3
Сортамент прокатной стали 11
Сталь круглая (11). Сталь угловая равнополочная (12). Сталь угловая неравнополочная (18). Швеллеры с уклоном внутренних граней полок (22). Швеллеры с параллельными гранями полок (24). Балки двутавровые (26).
Гнутые профили 28
Канаты 28
Стальные канаты 28
Нормы браковки канатов (38). Закрепление стальных канатов (38). Канатные узлы (38). Расчет стальных канатов (38).
Пеньковые канаты 42
Капроновые канаты 43
Болтовые соединения 43
Болты с шестигранной головкой 43
Гайки 45
Шайбы 45
Соединения на высокопрочных болтах 46
Расчет болтовых соединений 50
Сварочные материалы 52
Электроды металлические для ручной дуговой сварки 52
Порошковая проволока 55

МЕХАНИЗМЫ, ТАКЕЛАЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ 55

Грузоподъемные монтажные механизмы и специальное оборудование, выпускаемые предприятиями Минмонтажспецстроя СССР 59
Монтажные стреловые краны 60
Монтажные козловые краны 64
Электрические монтажные лебедки 64
Монтажные блоки 65
Грузоподъемные механизмы и оборудование, выпускаемые предприятиями Минстройдормаша СССР и другими ведомствами . . . 59
Автомобильные краны 66
Пневмоколесные краны 68
Гусеничные краны 69
Башенные краны 71
Самоподъемные краны 73
Автомобильные тягачи 76
Компрессоры 75
Трубоукладчики 74
Вертолеты 74

Такелажное оборудование и приспособления 77
Стропы 77
Захваты 79
Монтажные блоки 81
Монтажные мачты 85
Шевры 90
Якоря 91
Лебедки 95
Домкраты 101
Монтажный механизированный ручной инструмент и средства механизации 104
Специальный инструмент, монтажные приспособления и средства малой механизации, выпускаемые предприятиями Минмонтажспецстроя СССР 104
Инструмент, выпускаемый предприятиями Минстройдормаша СССР и другими ведомствами 114
Ручной электрифицированный инструмент (сверлильные машины, шлифовальные машины, гайковерты, ножницы, точила, вспомогательные машины и устройства) (114). Ручной пневматический инструмент (сверлильные машины, шлифовальные машины, гайковерты, ножницы, клепальные молотки, рубильные молотки, передвижные компрессоры, инструмент различного назначения) (121). Сборочно-монтажный инструмент (126).
Инструмент, поставляемый в СССР по линии СЭВ 132
Средства для хранения и ремонта инструмента 133
МОНТАЖ ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ 134
Монтаж вертикальных цилиндрических стальных резервуаров . . 135
Конструктивные особенности резервуаров 135
Технология монтажа резервуаров 137
Сварка резервуаров 142
Контроль сварных соединений и испытание резервуаров 154
Монтаж мокрых газгольдеров 159
Конструктивные особенности мокрых газгольдеров 159
Технология монтажа мокрых газгольдеров 161
Сварка газгольдеров на монтаже 165
Контроль сварных соединений и испытание мокрых газгольдеров 165
Монтаж шаровых резервуаров 173
Конструктивные особенности шаровых резервуаров 173
Технология монтажа шаровых резервуаров 174
Сварка шаровых резервуаров 178
Контроль сварных соединений и испытание шаровых резервуаров 179
МОНТАЖ БАШЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ 180
Конструктивные особенности башенно-мачтовых сооружений . . . 180
Характерные особенности и классификация 180
Конструктивные решения 182
Изготовление постоянных оттяжек для мачтовых сооружений . . 184
Основные методы монтажа башенно-мачтовых сооружений . . . 186
Общие положения 186
Монтаж предварительно собранных сооружений 188
Монтаж сооружений поворотов вокруг шарнира (188). Подъем сооружений способом «скольжения» (196).
Монтаж сооружений из отдельных элементов или укрупненных блоков 198
Монтаж сооружений способом наращивания (198). Монтаж сооружений способом подращивания (208). Монтаж вентиляционных башен-труб комбинированным способом (208).
Приемка башенно-мачтовых сооружений 210

МОНТАЖ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ И ГРАЖДАНСКИХ СООРУЖЕНИЙ 211

Конструктивные особенности большепролетных покрытий зданий и сооружений 211
Методы монтажа покрытий большепролетных зданий 213
Монтаж методом «на себя» 214
Монтаж пространственных конструкций методом навесной сборки 214
Монтаж висячих покрытий с использованием центральной опоры и кранов 215
Метод «бескранового» монтажа 216
Метод подъема с помощью специальной подъемной установки (216). Метод надвижки пространственного блока покрытия (216).

МОНТАЖ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ 221

Конструктивные схемы каркасов высотных зданий 221
Методы монтажа высотных зданий 228

МОНТАЖ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ 236

Структурные конструкции из труб типа «Берлин» 236
Рамные конструкции коробчатого сечения типа «Плауэн» 240
Структурные конструкции из прокатных профилей для покрытия зданий типа ЦНИИСК 243
Пространственные решетчатые покрытия типа «Кисловодск» . . . 246

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ВАРИАНТОВ МОНТАЖА 252

ПРИЛОЖЕНИЕ. Соотношение между единицами, приведенными в справочнике 265
Список литературы 267